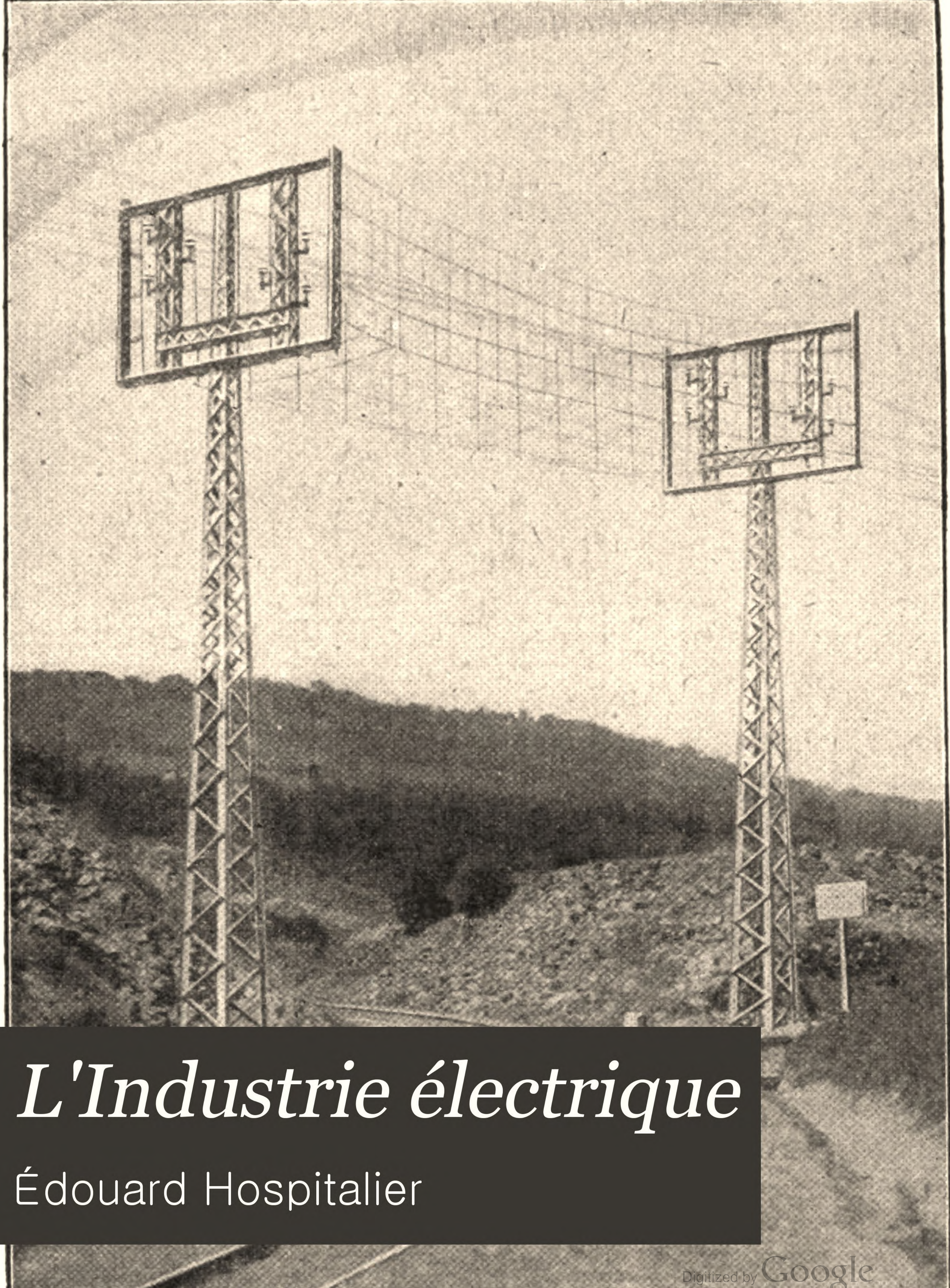


L'Industrie électrique

Édouard Hospitalier


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

TOME XIV

1905

PARIS. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

RÉDACTEUR EN CHEF : É. HOSPITALIER

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : ALFRED SOULIER

TOME XIV

1905

PARIS

A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARR.)

14e Année. — N° 313. 10 Janvier 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Le régime futur de l'électricité à Paris. — Fidèle à notre règle absolue d'impartialité, nous publions aujourd'hui une Note qui nous est transmise par M. Nave. Nos lecteurs y trouveront des renseignements intéressants que nous n'avons pas à apprécier. Signalons, comme information se référant indirectement au régime futur de l'électricité à Paris, que la Commission, nommée par le Sénat pour examiner le projet de la Chambre des députés, est hostile à la régie. Voici, à ce point de vue, un extrait du rapport de M. Prevet sur la question :

« Le rôle de l'administration est de protéger et de contrôler « l'activité productive et non de l'absorber. Le jour où il « serait permis aux municipalités, aux départements ou à « l'État de se faire entrepreneurs ou marchands, on ne voit « plus où cela s'arrêterait et il finirait par ne plus y avoir en « France que des commis aux ordres de gérants administra- « tifs. »

Mesure des courants alternatifs de haute fréquence et de faible intensité. — Les courants alternatifs de haute fréquence et de faible intensité (courants téléphoniques et courants de la télégraphie sans fil) ne peuvent être mesurés avec les appareils électromagnétiques et électrostatiques ordinaires, mais les appareils thermiques sont applicables. M. Duddell vient de présenter à la Société française de physique deux appareils fondés sur ce dernier principe.

Premier appareil. — Un fil de platine-argent de 25 microns de diamètre est laminé pour former un ruban dont on fixe les extrémités, puis que l'on tord par le milieu de façon que les deux moitiés aient des torsions inverses (ruban tordu d'Ayrton-Perry). Sur le milieu se trouve fixé un petit miroir de galvanomètre. Quand un courant échauffe par son passage le ruban tordu, sa torsion augmente et le miroir tourne. Un système compensateur particulier empêche l'appareil d'être sensible aux variations de la température ambiante; le zéro est fixe. Cet appareil donne 25 cm de déviation sur une échelle placée à 100 cm pour un courant de 22 milliampères. Il décèle des courants inférieurs au milliampère. Sa self-induction est faible et il est très robuste. Il a permis, pratiquement, de rechercher la cause des irrégularité de tension des alternateurs accouplés ou commandés par une machine à vapeur.

Second appareil. — Une résistance traversée par le courant à mesurer échauffe par rayonnement l'une des soudures du

couple thermo-électrique (Bi, Sb) d'un radiomicromètre de Boys. La résistance, en kruppin, or ou platine, a une longueur de 3 à 4 mm et une résistance qui peut dépasser 10 000 ohms. Le couple thermo-électrique fait partie d'un cadre rectangulaire placé entre les pôles d'un aimant permanent et soutenu par un fil de quartz. Le cadre tourne quand la soudure chauffe. Cet appareil est plus sensible et plus délicat que le précédent; il obéit facilement et on le rend propre à des mesures variées en changeant la résistance chauffante.

Expériences. — Le second appareil a fonctionné devant la Société. Il donne des déviations considérables quand on le met en relation avec un *récepteur* téléphonique dont on déplace la plaque vibrante ou dans lequel on siffle; il enregistre même les bruits de la salle. On l'utilise ensuite pour mesurer les courants qui traversent une antenne réceptrice de télégraphie sans fil et l'on fixe ainsi la valeur de la self qui convient pour la meilleure sensibilité du poste récepteur.

Tramways à contacts superficiels système Dolter. — La *Dresdner Strassenbahn* a établi sur sa ligne Blasewitz-Tolkewitz une ligne d'essai de 300 mètres du système Dolter. Durant les derniers quatre mois, cette ligne a été parcourue constamment à titre d'essai, l'archet de trolley étant abaissé et le courant étant fourni par le frotteur et par les plots de contact système Dolter. Pour faire ces essais, une des anciennes motrices à accumulateurs a été transformée pour faire le service avec le contact superficiel système Dolter. Aucune modification n'a été apportée aux contrôleurs, sauf dans l'inverseur, qui a reçu un certain nombre de touches pour l'arrivée du courant du frotteur, en remplacement des touches pour les accumulateurs.

Il est intéressant de faire remarquer que l'écartement des essieux de cette voiture n'est que de 1,75 m et que malgré cela le frotteur servant à l'excitation des plots de contact a pu être placé dans ce petit espace sans difficulté.

La voiture ne recevant aucun courant, au moment de son passage du système Dolter sur le fil aérien, on a installé une lampe à osmium à 12 v pour l'éclairage pendant ce court moment; cette lampe reçoit le courant des six petits éléments secondaires qui servent à amorcer les aimants du frotteur Dolter.

Ces essais ayant eu un plein succès, les autorités de l'Etat et de la Ville ont donné la concession à la Dresdner Strassenbahn pour l'exploitation du système Dolter, et la voiture décrite ci-haut fonctionne maintenant réguliément sur la voie Blasewitz-Tolkewitz. Il est projeté d'établir le système Dolter sur la ligne passant par la Pragerstrasse pour pouvoir abandonner le service à accumulateurs sur cette ligne. En outre on compte plus tard transformer en système Dolter les autres lignes qui marchent actuellement avec accumulateurs.

Moteurs de traction pour courants alternatifs simples. — La *Schweizerische Elektrotechnische Zeitschrift* contient, dans son numéro du 20 octobre, des renseignements communiqués par le Dr Behn Eschenburg, sur des moteurs de traction de la Société d'Oerlikon. Pour le système de traction bien connu de la Société d'Oerlikon, celle-ci emploie depuis longtemps déjà un moteur asynchrone pour 14 000 v, 50 périodes et 980 tours par minute, couplé directement avec une génératrice à courant continu de 400 kw à 600 v. Le moteur a un induit en court-circuit; son rendement à pleine charge est de 94 pour 100 avec un facteur de puissance 0,89. Le démarrage du groupe s'effectue du côté continu; le courant de démarrage est fourni par un petit groupe moteur générateur qui, en service normal, fournit le courant d'excitation nécessaire pour le grand groupe et pour les moteurs des essieux.

La Société a également en service un moteur à courant alternatif avec collecteur d'environ 25 kw, pour 1000 tours à la minute, qui peut fonctionner :

1° Comme moteur-série à courant continu sous 220 v :

2° Comme moteur-série ordinaire à courant alternatif à la fréquence de 0 à 25 par seconde;

3° Comme moteur à répulsion pour courant alternatif simple, à la fréquence de 40 à 50, sous 250 v;

4° Comme moteur du genre Latour (avec enroulement d'excitation mobile et balais en court-circuit) à 250 v.

Le stator et le rotor sont munis chacun d'un enroulement hexapolaire pour courant continu, disposé dans des rainures à demi fermées. L'entrefer est de 1 mm. L'enroulement du rotor est relié sans intercalation de résistance à un collecteur sur lequel appuient (dans les cas 1 et 3) six balais, ou (dans le cas 4) douze rangées de balais, en charbon ayant une épaisseur de 8 mm.

M. Behn Eschenburg donne des courbes se rapportant à chacun des modes de fonctionnement, à vitesse et intensité constantes.

Lors du fonctionnement à courant continu, le rendement est d'environ 5 pour 100 plus élevé que dans les autres cas.

Dans le cas où le moteur fonctionne comme moteur ordinaire série, il a un facteur de puissance d'environ 5 pour 100 plus élevé que lorsqu'il fonctionne comme moteur à répulsion.

Pour des vitesses comprises entre 800 et 1000 tours par minute, la commutation est excellente dans tous les cas; dans le cas n° 1, elle est bonne pour une vitesse angulaire inférieure à 500 tours par minute et une vitesse supérieure à 1000 tours; dans les autres cas, pour ces vitesses, il faut employer les moyens connus, pour obtenir une commutation sans étincelles. Le poids du moteur est de 1000 kg.

La Société a également construit pour une locomotive 2 moteurs-série pour 650 tours par minute à la fréquence 15. Cette locomotive est alimentée par du courant alternatif simple à 15 000 v et fait 40 km à l'heure. Chaque moteur doit pouvoir être disposé à la place d'un moteur à courant continu déjà installé et doit avoir dans les rampes maxima une vitesse de 600 t : m et en palier de 1000 tours à la minute. Pour différents motifs, on a dû construire les moteurs avec pôles en saillie, au nombre de 8. Les lames du collecteur ont une largeur de 4,8 mm, et on en a placé le plus grand nombre possible. Normalement, ce moteur absorbe 600 A sous 260 v; la commutation jusqu'à 600 tours par minute est excellente (fréquence de 15 à 22). La tension entre lames au démarrage est de 2 v. Ce moteur est à 3 paliers et pèse 3000 kg.

Le halage sur les canaux de Ladoga. — Dans le Journal industriel de Riga, M. Glasenapp publie une étude détaillée sur les canaux de Ladoga.

Les canaux de Ladoga ont un développement atteignant 42 pour 100 de la longueur totale des canaux de la Russie, et comme ils aboutissent à Saint-Pétersbourg, ils ont une importance toute spéciale. En 1900, le trafic a été d'environ 4 millions de tonnes. En première ligne, comme marchandises transportées, entrent les bois qui sont flottés; leur trafic a été de 1 million de tonnes environ; en seconde ligne, viennent les grains qui sont transportés dans des bateaux de formes particulières; ces bateaux embarquent en moyenne pour Saint-Pétersbourg annuellement 350 tonnes, et emmènent dans l'autre direction environ 50 tonnes. Le trafic est d'environ 500 millions de tonnes-kilomètres par jour, ce qui exige l'emploi de 10 000 chevaux environ. Les frais s'élèvent de 12 à 32 kopeks par poudverste.

M. Rundo, ingénieur des voies et communications, a proposé de remplacer le halage par chevaux par le halage électrique, et trouve que les frais s'abaisseraient à 2,25, à 3,5 kopecks par poudverste. Dans son rapport, M. Rundo indique, qu'en Europe et en Amérique, des sociétés particulières se sont fondées pour la traction sur les canaux; il cite notamment la Société anonyme de traction électrique sur les canaux, et l'*Eric and Malmi Transportation C°*.

Le Ministère des travaux publics russes s'était déjà depuis longtemps occupé de la traction sur les canaux, et avait déjà envoyé deux délégués en 1894 pour faire une enquête à l'étranger. En 1900, dans le journal du Ministère, parut un article de M. le professeur Timonow qui avait pour titre : « Les rapides de Wolchow comme source d'énergie pour le transport sur les canaux de Ladoga, et pour les travaux d'approfondissement de ces canaux ». En 1891, parut un article de M. Karaulow, ingénieur, sur le même sujet. Le Ministère mit à la disposition de l'administration des voies de transport la somme de 2000 roubles, pour les études nécessaires à la présentation d'un projet.

L'étude un peu approfondie montra que, en l'absence de loi permettant l'expropriation des bords des canaux, et par suite de la débâcle des glaces sur le Wolchow, le projet serait par trop coûteux et qu'il fallait y renoncer.

Rundo abandonne donc l'idée d'utiliser l'énergie des rapides du Wolchow, et propose d'employer des machines à vapeur; il admet une vitesse de transport de 1 à 2 m par seconde, et arrive aux prix indiqués ci-dessus. Le canal serait parcouru en environ 50 heures, tandis qu'actuellement on met 8 à 10 jours pour le franchir.

Le plus long câble du monde. — Celui-ci est installé entre San Francisco et Manille, dans les Philippines. La longueur totale est de 14140 km et la profondeur d'immersion est de 4000 à 9633 m. Le câble passe par Honolulu, de là il va aux îles Midway, et de ces îles passe par Guam (archipel des Mariannes) pour aboutir à Manille. Tandis qu'anciennement une dépêche de Washington devait prendre la route par l'Océan Atlantique, la mer intérieure des Indes et par Hong-Kong, c'est-à-dire emprunter des câbles étrangers et passer par quinze stations intermédiaires, la dépêche peut actuellement être transmise uniquement par des câbles américains.

Appareil permettant de mesurer l'usure du fil de prise de courant des tramways. — M. A. Harrich de Ratisbonne a imaginé un appareil pour la détermination graphique de l'usure des fils de prise de courant des tramways par le trolley. Cet appareil est constitué (fig. 1) par un tube A, por-

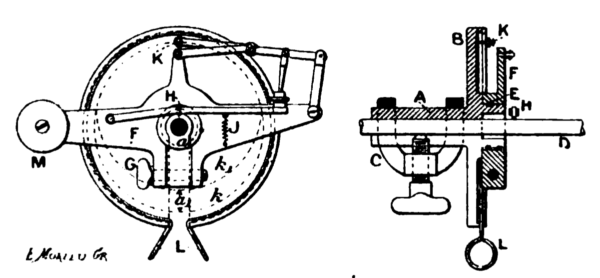
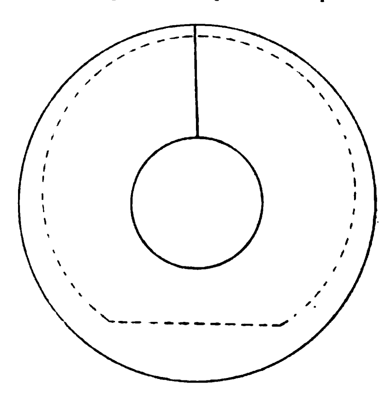


Fig. 1. — Appareil permettant de mesurer l'usure des fils de trolley.

tant un anneau B d'un assez grand diamètre, qui est pressé contre le fil, par une vis de pression. Le tube et l'anneau portent une fente de manière à pouvoir être disposés autour du fil en place.

L'anneau porte un axe autour duquel est fixé de manière à pouvoir tourner une sorte de manchon F, ce manchon est également muni d'une fente et est serré au moyen d'une vis G. Les mouvements d'une touche H en forme de crayon, appuyée contre le fil par l'action d'un ressort J, sont transmis au moyen d'un renvoi de leviers à un crayon inscripteur K, avec un grandissement de 10. Sur l'anneau B, est disposé une feuille de papier en forme de cercle, retenue par un ressort F. Si l'on fait tourner le manchon F au moyen du bouton manivelle M, le crayon inscrit sur le papier la forme de la section du fil. Si le fil n'est pas uni, le crayon trace un cercle dont la section est cent fois plus grande que celle du fil, si le fil est usé en un point, le cercle est déformé. La figure 2, représente en pointillé, le diagramme relevé sur un fil usé par l'appareil de prise de courant.

Au moyen de cet appareil, on peut donc procéder au relevé


Fig. 2. — Diagramme obtenu sur un fil usé.

de la section du fil à des intervalles réguliers et reconnaître la progression de l'usure, et au besoin dans les courbes, on peut y remédier en changeant les points de suspension.

Cet appareil est construit par la Société Dreyer, Rosenkranz et Droops de Hanovre.

Le cryptol et son emploi comme résistance pour le chauffage électrique. — Le cryptol, fabriqué par la Société berlinoise du Cryptol, est une masse grenue, noire, composée de charbon, de carborundum, d'argile et de silicate, la composition exacte est tenue secrète. Pour des courants faibles, de haute tension, et pour l'obtention de températures peu élevées, cette société emploie, d'après ses brevets un mélange de charbon et de silicates. Plus la tension est élevée, plus le grain du mélange est petit, et alors les corps conducteurs de deuxième classe doivent de plus en plus prédominer. Cette Société construit un grand nombre d'appareils de chauffage, dans lesquels le cryptol est employé comme résistance.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Argentat (Corrèze). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal d'Argentat, important chef-lieu de canton de la Corrèze, situé au confluent de trois rivières, vient de décider que la ville serait éclairée par l'électricité; la Commission spéciale qui a été créée pour en étudier les moyens recevra avec plaisir les propositions qui pourront lui être faites par MM. les ingénieurs, entrepreneurs d'éclairage ou fabricants d'appareils.

Brignoles (Var). — *Éclairage.* — Au cours d'une de ses dernières réunions, le Conseil municipal a approuvé un projet de convention et de cahier des charges contenant les clauses et conditions auxquelles la Société électrique du Littoral méditerranéen s'engagerait à fournir pendant trente ans l'énergie nécessaire à l'éclairage public et privé et à la force motrice, étant entendu que la Société ne devrait fournir l'éclairage public qu'après l'expiration de la concession actuelle de l'éclairage au gaz de la ville de Brignoles.

On nous annonce que le préfet du Var vient de revêtir de son approbation la délibération du Conseil municipal, et la convention et le cahier des charges.

Labenne (Landes). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal a été appelé tout dernièrement à délibérer sur un projet d'éclairage électrique présenté par une Société électrique de Val-Carlos.

En principe, le Conseil s'est montré favorable à ce projet. Il convient de féliciter la municipalité d'être entrée dans la voie du progrès et des améliorations utiles.

Nous croyons savoir que la Société électrique de Val-Carlos se propose de se mettre en rapport avec le Conseil municipal de Dax, relativement à l'éclairage de la ville.

La Bourboule (Puy-de-Dôme). — *Traction électrique.* — Une nouvelle ligne de tramways électriques va bientôt être ouverte à la circulation, c'est celle qui doit relier La Bourboule au pied du funiculaire du Casino des Thermes. Cette installation est tout à fait remarquable par le dispositif employé pour permettre aux voitures automotrices de gravir de fortes rampes sans crémaillère. Le mécanisme d'adhérence imaginé par M. Hanscotte, ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille, et appliqué au tramway électrique de La Bourboule comprend, au lieu d'une crémaillère, un rail central à double champignon posé à plat entre deux paires de roues dont les axes sont perpendiculaires au plan de la voie. La voiture sur laquelle est monté ce mécanisme est absolument semblable aux voitures de tramways électriques ordinaires, il pourrait même être ajouté sans grandes modifications à des voitures non construites en vue de cette application.

La voie comporte successivement des rampes de 0,027 0,049, 0,091, 0,12, avec courbe de 30 m de rayon, mais ce n'est que sur les deux plus fortes rampes que le système à roues horizontales est appelé à fonctionner. Sur les deux premières, la voiture se meut par le seul effet de ses roues verticales et le rail central n'existe que sur les sections à très forte inclinaison. A l'entrée de ces sections ce rail est simplement aminci, en sifflet, pour pénétrer plus facilement entre les roues horizontales, de sorte qu'il n'y a aucune complication pour passer d'une section à l'autre. On sait, au contraire, que l'entrée en prise des machines motrices avec la crémaillère sur les chemins de fer, comportant des sections à simple adhérence et d'autres munies de cet appareil, nécessite des dispositifs mécaniques assez délicats.

Un système très ingénieux, placé sous la direction d'un robinet à air comprimé, permet le déplacement dans le sens transversal à la voie du mécanisme de traction à roues horizontales et permet d'avoir une pression constante des roues horizontales contre le rail central, quelle que soit l'usure de ces roues et du rail, — de pouvoir faire varier cette pression suivant l'état du rail et l'importance des déclivités de la voie et de la charge à remorquer, de maintenir automatiquement parallèles les arbres des roues horizontales, — enfin d'obtenir que ces roues se déplacent transversalement à la voie sans cesser d'être motrices et en n'opposant qu'une très faible résistance au mouvement de la voiture, c'est-à-dire que, cette dernière étant guidée par les boudins des roues verticales, le mécanisme des roues horizontales suit librement toutes les courbures et irrégularités du rail central sans tendre à le renverser, et bien qu'il le comprime très fortement pour produire l'adhérence cherchée.

Les essais ont démontré que les roues horizontales se déplacent très librement dans le sens transversal de la voie et que leur pression contre ce rail, variable par la simple manœuvre d'un robinet à air comprimé, reste constante une fois réglée. Ces roues prennent et quittent le rail central sans choc lorsque la voiture passe de la rampe de 0,04 à celle de 0,09 et lorsqu'elle sort de la rampe de 0,12 pour entrer en palier. La voiture (15 tonnes en charge), gravit la rampe de 0,12, actionnée seulement par les roues horizontales.

En mettant en action les deux systèmes de roues, elle a pu traîner encore sur la même rampe une remorque de 9 tonnes avec une vitesse de 1,75 m par seconde. La voiture chargée a également pu gravir la rampe de 0,12 avec une remorque de 6 tonnes.

M. Dumas, auteur de l'article du *Génie civil* à qui nous empruntons ces indications, indique, en terminant, les avantages de ce système sur la crémaillère. Un système de traction permettant d'aborder pratiquement des rampes de 0,1 rendrait possible des chemins de fer ou tramways qui n'ont pu être entrepris jusqu'ici. Évidemment les frais de traction sur de pareilles voies, seraient élevés, mais l'utilité de ces voies se manifeste surtout dans les pays montagneux où les chutes d'eau peuvent fournir l'énergie électrique à bon marché.

La Haye-du-Puits. — *Éclairage.* — Le Conseil municipal de cette localité vient de recevoir de M. Bru, entrepreneur de l'installation électrique de La Haye-Pesnel et de plusieurs autres villes, des propositions pour l'éclairage électrique de la ville de La Haye-du-Puits.

L'Ile-Bouchard (Indre-et-Loire). — *Éclairage.* — La ville de l'Ile-Bouchard va être prochainement dotée par une Compagnie nantaise d'une installation d'éclairage électrique.

Les habitants accueilleront ce système d'éclairage avec une légitime satisfaction.

Montbéliard (Doubs). — *Éclairage.* — Nous apprenons que la Compagnie du gaz est absolument disposée à entrer en pourparlers avec les délégués du Conseil pour arriver à une entente au sujet de l'installation de l'éclairage électrique à Montbéliard.

M. le maire dit qu'il est certain d'être l'interprète du Conseil en adressant à la Compagnie du gaz, les remerciements de l'Assemblée municipale pour l'empressement qu'elle a mis à répondre à ses propositions.

Montesquieu (Pyrénées-Orientales). — *Éclairage.* — Nous apprenons que le maire de cette localité, M. Delclos, est en pourparlers avec M. Roquet-Lalanne pour l'installation de l'éclairage électrique à Montesquieu.

Espérons que les pourparlers engagés aboutiront.

Mouzon (Ardennes). — *Transmission d'énergie.* — Depuis quelques années, il a été utilisé pour la production de l'énergie électrique, la plupart des chutes de la Meuse aux barrages.

A la suite d'instructions de M. le Ministre des Travaux publics, le service des Ponts et chaussées a dressé un état des forces motrices à réserver pour les besoins des services publics et de celles pouvant être concédées à des particuliers.

Une décision ministérielle du 31 mars 1903 a approuvé ces propositions. En dehors des chutes qui ne pourront être attribuées qu'à des communes, il est encore possible de concéder une puissance totale de près de 400 poncelets aux barrages de Fépin et de Mouzon. Toutes les demandes de concessions à d'autres barrages ont été classées sans suite.

Nans-sous-Sainte-Anne (Doubs). — *Éclairage.* — Il paraîtrait que Mme Bolut serait en pourparlers avec la commune pour convertir son moulin en usine électrique devant être utilisée à l'éclairage de la commune et au besoin fournir la force motrice aux diverses industries de la localité.

ERRATUM. — Numéro du 25 décembre 1904, p. 597, ligne 7. *lire :* 15 mm *au lieu de* 0,15 mm.

Page 598, formule (11), *lire :* $\frac{s_{2v+1}}{2v+1}$ *au lieu de* $\frac{s^{2v+1}}{2v+1}$.



LES COURANTS DE FOUCAULT

ET LEURS APPLICATIONS

La question des courants induits dans une masse conductrice continue par les variations du champ environnant est le plus souvent traitée d'une manière un peu sommaire. Il m'a paru qu'il y aurait quelque intérêt à l'exposer d'ensemble, en résumant les principaux travaux publiés sur ce sujet [1], complétés par une note inédite que m'a bien voulu remettre autrefois M. A. Potier.

La dissipation d'énergie correspondante à ces courants est assez aisément calculable, et j'en donnerai, comme illustration des formules, quelques applications relatives à la construction des machines dynamo-électriques.

I. *Répartition du courant dans la masse.* — Il faut avant tout connaître la valeur et la phase du courant induit en chaque point d'une masse soumise à une induction variable. La solution de ce problème est relativement facile, dans les cas simples au moins. On y parvient comme suit :

Soit ABCD (fig. 1) une plaque métallique de grande

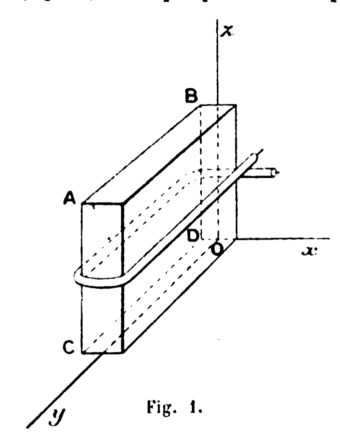


Fig. 1.

hauteur, soumise à une force magnétique parallèle au plan xy.

La lame est symétriquement placée par rapport au plan zy. On la supposera entourée d'une nappe horizontale de courant, de telle sorte que l'induction y soit verticale. Il faut considérer successivement deux coupes, l'une horizontale, l'autre verticale, faites à grande distance des extrémités, et leur appliquer respectivement les lois fondamentales des circuits magnétiques et électriques.

Soit d'abord la coupe verticale; aa' et bb' sont les traces de deux plans normaux à la coupe, distants de 1 cm, et mn une ligne parallèle au côté AC, tracée à distance x de ce côté (fig. 2). Soit $\mathcal{H}_s$ la force magnétisante en unités C. G. S. (0,4 π ampèretours par cm de la bobine magnétisante) à la surface AC de la pièce. L'induction y sera $\mathcal{B}_s = \mu\mathcal{H}_s$ en appelant μ la perméabilité de la matière de la plaque.

Supposons que la direction de l'induction soit celle de la flèche, et considérons la force magnétisante autour du circuit $amnb$, en lui appliquant la loi élémentaire des circuits magnétiques sous la forme classique $\int \mathcal{H} dl = 4\pi i$. Appelons positif le courant qui traverse le plan de la figure d'avant en arrière, et intégrons dans le sens $bamn$. De b en a, la force est $-\mathcal{H}_s \cdot 1$ cm; de a en m elle est nulle, comme de n en b; de m en n elle est $+\mathcal{H}_{mn}$. Soit i le courant total dans la partie ombrée, on aura :

$$-\mathcal{H}_s + \mathcal{H}_{mn} = 4\pi i.$$

Si au lieu de limiter la région considérée à mn nous l'étendons jusqu'en $a'b'$ nous en déduirons immédiatement $\mathcal{H}_{ab} = \mathcal{H}_{a'b'}$, car le courant *total* dans le rectangle $aba'b'$ est évidemment composé d'autant d'éléments positifs que de négatifs, et par conséquent est nul. La même valeur de la force magnétisante se retrouve donc à la

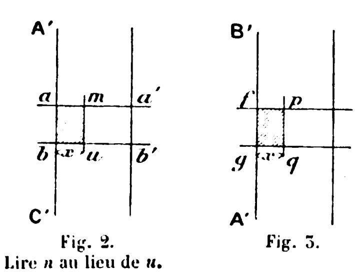


Fig. 2. Lire n au lieu de u.

Fig. 3.

surface opposée à ABCD. Par suite aussi les mêmes valeurs de l'induction $\mathcal{B}$ se retrouveront aux mêmes distances des surfaces, par raison de symétrie. La fonction représentative devra donc conserver sa valeur en changeant x en $-x$, quelle qu'elle soit.

Cela posé, soit i_x le courant dans une bande de largeur dx située en mn à profondeur x, et de hauteur égale à 1 cm. L'équation ci-dessus peut alors s'écrire différentiellement :

$$d\mathcal{H}_x = 4\pi d \,.\, i_x = 4\pi\Delta_x \,.\, dx,$$

Δ_x étant la densité de courant dans la région considérée; ou :

$$\frac{d\mathcal{H}_x}{dx} = 4\pi\Delta_x.$$

Comme par définition $\mathcal{B} = \mu\mathcal{H}$, quelle que soit d'ailleurs la nature de la matière de la lame, on a aussi :

$$\frac{d\mathcal{B}_x}{dx} = 4\pi\mu\Delta_x. \qquad (1)$$

Faisons maintenant la coupe horizontale sur la même région. Nous sommes maintenant dans le plan du courant et nous pouvons appliquer la loi d'Ohm au circuit $fgpq$ (fig. 3).

[1] J.-J. Thomson, *The Electrician*, Av. 8, 1892; et *Lumière électrique*, t. XLIV, p. 494. — M. B. Field, *Inst. of. Elect. Engineers*, sept. 1904. — A. Potier, Note manuscrite, 1902. — La note de M. J.-J. Thomson contient quelques erreurs, d'impression probablement, portant sur un facteur 4 omis et quelques signes erronés. Ces erreurs ont été rectifiées ici.

Le raisonnement est le même que ci-dessus : les f. é. m. sont nulles en fp et qg. On a d'abord :

$$-e_s + e_x = \frac{d\Phi}{dt},$$

ce qu'on peut écrire différentiellement :

$$\frac{de_x}{dx} = \frac{d^2\Phi}{dt \cdot dx}.$$

D'autre part, comme $d\Phi_x = \mathcal{B}_x \cdot dx$:

$$\frac{de_x}{dx} = \frac{d\mathcal{B}_x}{dt}.$$

La f. é. m. donne naissance au courant $\Delta_x dx$ et, ρ étant la résistivité de la matière, on a :

$$\frac{d\mathcal{B}_x}{dt} = \rho \frac{d\Delta_x}{dx}. \qquad (2)$$

Entre ces équations (1) et (2), il est facile d'éliminer Δ par différenciation, et on obtient les relations :

$$\frac{d^2\Delta_x}{dx^2} - \frac{4\pi\mu}{\rho}\frac{d\Delta}{dt} = 0. \qquad (3)$$

Telle est l'équation différentielle qui donne Δ en fonction de x.

Les équations en $\mathcal{B}_x$ et $\mathcal{H}_x$ sont d'ailleurs de forme identique; et on a notamment .

$$\frac{d^2\mathcal{H}}{dx^2} - \frac{4\pi\mu}{\rho}\frac{d\mathcal{H}}{dt} = 0. \qquad (4)$$

C'est de celle-ci que nous allons nous servir ultérieurement.

A la surface, on a par hypothèse :

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_s \cos \omega t.$$

Donc $\mathcal{H}$ varie comme la partie réelle de l'expression $\mathcal{H}_s e^{j\omega t}$ (avec $j = \sqrt{-1}$) ; et on peut écrire :

$$\frac{d^2\mathcal{H}}{dx^2} = \frac{4\pi\mu}{\rho} j\omega\mathcal{H}$$

ou, en posant :

$$m^2 = \frac{2\pi\mu\omega}{\rho} = \frac{4\pi^2\mu f}{\rho}$$

$$\frac{d^2\mathcal{H}}{dx^2} = m^2(1+j)^2\mathcal{H}.$$

La solution de cette équation est :

$$\mathcal{H} = (Ae^{m(1+j)x} + Be^{-m(1+j)x})e^{j\omega t},$$

où A et B sont des constantes à déterminer. Mais comme la distribution de la force magnétisante est symétrique par rapport au plan zy, on peut écrire aussi :

$$= A_1(e^{mx} + e^{-mx})e^{j(\omega t + mx)}$$

$$= B_1(e^{mx} + e^{-mx})e^{j(\omega t - mx)}.$$

L'équation qui satisfait à la symétrie est donc :

$$\mathcal{H} = A'[e^{mx}\cos(\omega t + mx) + e^{-mx}\cos(\omega t - mx)] + B'[e^{mx}\sin(\omega t + mx) + e^{-mx}\sin(\omega t - mx)]. \qquad (6)$$

On détermine A' et B' par la condition que pour $x = h$, on ait $\mathcal{H} = \mathcal{H}_s \cos \omega t$. Écrivant donc que pour $x = h$ le coefficient du sinus est nul et celui du cosinus égal à $\mathcal{H}_s$, on trouve :

$$A' = \mathcal{H}_s \frac{(e^{mh} + e^{-mh})\cos mh}{e^{2mh} + e^{-2mh} + 2\cos 2mh},$$

$$B' = \mathcal{H}_s \frac{(e^{mh} + e^{-mh})\sin mh}{e^{2mh} + e^{-2mh} + 2\cos 2mh};$$

d'où, en substituant dans (6) la valeur de $\mathcal{H}$:

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_s \left(\frac{e^{2mx} + e^{-2mx} + 2\cos 2mx}{e^{2mh} + e^{-2mh} + 2\cos 2mh}\right)^{\frac{1}{2}} \cos(\omega t - \varepsilon) \qquad (7)$$

où ε est une fonction assez compliquée de x et de h.

Cette équation fondamentale peut encore s'écrire, en employant les notations de la trigonométrie hyperbolique [1] :

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_s \left(\frac{\cosh 2mx + \cos 2mx}{\cosh 2mh + \cos 2mh}\right)^{\frac{1}{2}} \cos(\omega t + \varepsilon). \qquad (7')$$

L'équation (7), en y supposant $\cos(\omega t + \varepsilon) = 1$, donne la loi de variation en profondeur de l'amplitude de $\mathcal{H}$ et par conséquent de la densité Δ qui n'en diffère que par un facteur constant. Elle donne aussi la variation d'amplitude de l'induction $\mathcal{B}$, dans l'hypothèse nécessaire, au moins en première approximation, où μ est constant et uniforme.

Le numérateur de cette équation peut s'écrire :

$$(e^{2mx} + \cos 2mx) + (e^{-2mx} + \cos(-2mx)).$$

Elle est donc bien symétrique en m et x et la courbe figurative l'est également; c'est *amb* (fig. 4). En outre, chaque ordonnée est la somme de celles des deux courbes élémentaires *cdf* et *edg* dont chacun des termes ci-dessus donne l'expression, et dont l'une est la symétrique de l'autre.

II. *Répartition dans le cas où* mh *est grand.* — Si le

[1] La notation hyperbolique, qui n'est pas d'enseignement courant en France, se rencontre continuellement dans les travaux d'origine anglaise (J.-J. Thomson, Blakesley, Field, etc.). Pour son intelligence, il suffit de savoir qu'on a pour définition :

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2} \quad \text{et} \quad \cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}.$$

Les développements en série de ces expressions montrent qu'on a identiquement :

$$\sinh x = \frac{1}{j}\sin jx; \quad \text{et} \quad \cosh x = \cos jx.$$

quantités parfaitement réelles malgré leur notation imaginaire. Il en résulte immédiatement qu'on a, entre les quantités de cette trigonométrie, toutes les mêmes relations qu'entre celles de la trigonométrie circulaire, sauf les changements de signes dus aux puissances paires de j. On a notamment :

$$\cosh^2 x - \sinh^2 x = 1; \qquad d \cdot \sinh x = \cosh x \cdot dx, \text{ etc.}$$

L'avantage de cette notation est ici une simplification d'écriture des formules; et surtout des calculs numériques lorsqu'on dispose d'une table des cosinus hyperboliques.

produit mh est grand, e^{-2mh} et $2 \cos 2mh$ deviennent négligeables devant e^{mh}, dans A' et B' dont la valeur se simplifie. En portant cette valeur simplifiée dans (6) on obtient :

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_s e^{-mh} \{ e^{mx} \cos [m(h-x) - \omega t] + \\ + e^{-mx} \cos [m(h+x) - \omega t] \}.$$

Le second terme ayant lui-même $e^{-m(h+x)}$ en facteur est négligeable devant le premier, si petit que soit x, de sorte qu'on peut écrire :

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_s e^{-m(h-x)} \cos [m(h-x) - \omega t] \quad (8)$$

On reconnait que cette forme revient à considérer comme négligeable la partie ed additive de cd dans la figure 4, et à admettre que le point d est assez voisin de

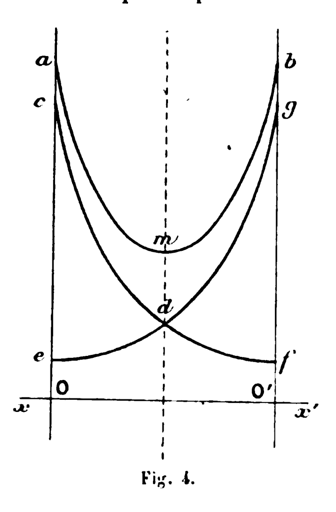


Fig. 4.

l'axe pour qu'on puisse négliger son ordonnée et, *à fortiori*, toutes les autres jusqu'en e.

Nous verrons dans un instant les valeurs numériques de m et de h qui permettent de l'admettre.

L'étude de la fonction (8) est très simple. Elle représente évidemment une onde qui pénètre dans le métal en s'amortissant suivant une exponentielle e^{mx}, en même temps qu'elle se déphase en profondeur, de manière que les courants distants de $\frac{2\pi}{m}$ suivant l'axe des x, sont revenus à la même phase. On peut donc assimiler à une longueur d'onde la valeur $\lambda = \frac{2\pi}{m}$.

Le terme en e^{-mx}, que l'on néglige lorsque mh est grand, s'appelle parfois *terme de réflexion*, car tout se passe en effet comme si l'onde partant initialement avec l'amplitude oc (fig. 4) se réfléchissait sur le plan médian.

Le graphique (fig. 5) indique comment varie avec la profondeur l'amplitude du courant (ou de l'induction, à μ constant). Quatre courbes y sont tracées pour des valeurs de m égales à 2, 5, 10, 25.

On voit que dans le premier cas, la profondeur doit atteindre 15 mm et l'épaisseur 30 mm avant qu'on soit en droit de négliger le terme de réflexion; tandis qu'avec $m = 25$, on peut le faire dès que l'épaisseur atteint 4 mm.

Les amplitudes ainsi définies en fonction de la profondeur ne sont pas simultanées; elles présentent entre elles un décalage proportionnel à celle-ci. La représentation graphique plus exacte serait donc une spirale logarithmique, où les angles comptés à partir de ox sont proportionnels à la profondeur, et le rayon vecteur proportionnel à l'amplitude maxima. Les valeurs simultanées en fonction de la profondeur seraient les projections de ces rayons vecteurs sur un axe passant par l'origine et convenablement orienté.

Pour avoir une idée pratique plus nette de ce que représentent les valeurs de m, et, en général, pour avoir une appréciation de ce qui définit l'épaisseur électrique d'une

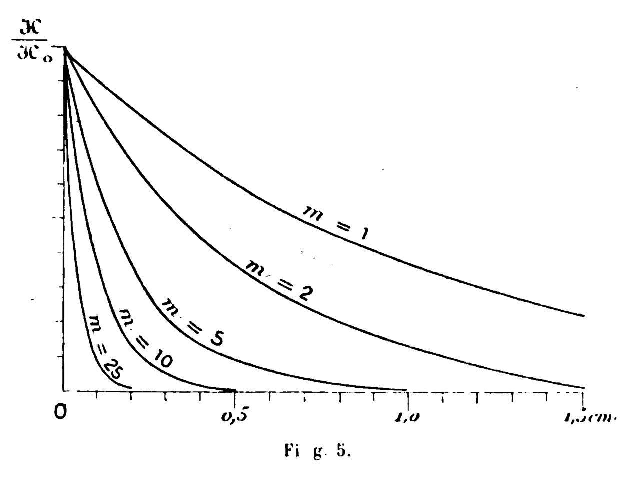


Fig. 5.

plaque dans ces phénomènes, il convient de les calculer dans un ou deux exemples pratiques bien concrets.

Soit par exemple une masse de fer doux entourée d'une bobine excitatrice où le courant varie périodiquement avec la fréquence 50. L'état magnétique moyen du fer correspondant à $\mu = 2000$ et sa résistivité étant $\rho = 10^4$ C. G. S., on a :

$$m = \sqrt{\frac{2\pi\mu\omega}{\rho}} = 2\pi \sqrt{\frac{\mu f}{\rho}} = 20 \text{ environ.}$$

On peut affirmer que la profondeur de pénétration des courants de Foucault est très réduite. Ce qu'on peut appeler la longueur d'onde, c'est-à-dire la profondeur pour laquelle le déphasage progressif atteint 2π, est :

$$\lambda = \frac{2\pi}{m} = 0{,}32 \text{ cm environ.}$$

A cette profondeur, l'amplitude, comparée à celle à la surface, est seulement :

$$e^{-m\lambda} = e^{-2\pi} = 0{,}00187,$$

soit moins de un cinq-centième. La longueur d'onde est donc une limite très supérieure de la pénétration des courants avec une valeur pratiquement notable.

Soit, au contraire, une masse de cuivre, placée dans les mêmes conditions que ci-dessus. La perméabilité est 1 et la résistivité 1600; la valeur de m est $\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$ soit 1,1,



valeur bien différente de la précédente. La longueur d'onde est $\lambda = 5{,}6$ cm.

Ces chiffres permettent d'apprécier avec plus d'exactitude ce qu'il conviendra de considérer comme une plaque mince ou épaisse, selon le cas. Elles permettent de préciser mieux les notions de courant total (skin current) de la couche superficielle et de flux total superficiel, qui ont leur utilité pour le cas des masses épaisses.

Courant total et flux total dans la couche superficielle d'une plaque épaisse. — Il est plus commode, pour préciser ces notions, de reporter la face ABCD de la plaque dans le plan zy, et de la considérer comme indéfinie vers les x positifs. Les intégrations seront à faire de 0 à h.

Dans ces conditions, la loi de décroissance devient :

$$\Delta = \Delta_s e^{-mx} \cos(mx - \omega t). \qquad (8')$$

On peut alors appeler *courant total* la somme $\int \Delta dx$ étendue de $x = 0$ jusqu'à une profondeur de l'ordre de grandeur de λ au moins, et qu'on peut prendre égale à l'infini.

$$\left(\frac{I_t}{l}\right) = \int \Delta_s e^{-mx} \cos(mx - \omega t)\, dx = \frac{\Delta_s}{m\sqrt{2}} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right).$$

Cette valeur, multipliée par la hauteur totale, en cm, sur laquelle s'exerce l'action, donnera le courant total dans la couche superficielle.

De même, le flux total alternant dans la pièce est :

$$\frac{\mathfrak{B}_s}{m\sqrt{2}} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right).$$

A grande profondeur, pratiquement à la profondeur λ, les actions deviennent négligeables et l'équation fondamentale de la force magnétisante donne :

$$-\mathcal{H}_s = 4\pi\left(\frac{I_t}{l}\right).$$

Ce qui se traduit : l'action magnétique du courant total de la couche superficielle est égale et opposée à tout instant à l'action magnétique du courant extérieur. En d'autres termes, les courants de Foucault équilibrent à tout instant l'action extérieure, et la couche superficielle, où restent localisés ces courants, forme un écran absolu pour les parties plus profondes du métal.

D'autre part, l'équation fondamentale de la force électromotrice, appliquée dans les mêmes conditions, donne la relation.

$$\Delta_s = -\frac{\omega \mathfrak{B}_s}{\rho m\sqrt{2}}.$$

Ces résultats se résument ainsi qu'il suit :

Le courant total dans la couche externe est égal au courant dans une couche d'une épaisseur $\frac{1}{m\sqrt{2}}$ cm où la densité serait uniformément la même qu'à la surface.

Le flux total dans la couche externe égale le flux dans une couche de $\frac{1}{m\sqrt{2}}$ cm, où il y aurait uniformément la même induction qu'à la surface.

Le maximum de la densité de courant Δ_s égale $\frac{\omega}{\rho}$ multiplié par le flux total de la couche superficielle.

Le maximum de l'induction à la surface est égal à $4\pi\mu$ fois le courant total de la couche superficielle.

III. *Dissipation d'énergie.* — L'intérêt principal de ces expressions est de permettre le calcul des dissipations d'énergie par effet Joule dues à ces courants. Revenant à la figure 1 et à l'expression générale (7), cherchons celle de l'énergie ainsi transformée en chaleur. Sa valeur, pour chaque cm² de surface de la face ABCD, est la moyenne, par rapport au temps, de :

$$\int_{-h}^{+h} \rho \,.\, \Delta^2 dx.$$

L'équation $\frac{d\mathcal{H}}{dx} = 4\pi\Delta$ permet de calculer Δ par différentiation de l'équation (7), ce qui donne :

$$4\pi\Delta = A'm\sqrt{2}\left\{ e^{mx}\cos\left(mx + \omega t + \frac{\pi}{4}\right) - e^{-mx}\cos\left(mx + \omega t - \frac{\pi}{4}\right)\right\},$$

$$+ B'm\sqrt{2}\left\{ e^{mx}\sin\left(mx + \omega t + \frac{\pi}{4}\right) - e^{-mx}\sin\left(mx + \omega t - \frac{\pi}{4}\right)\right\}.$$

Celle-ci élevée au carré et intégrée, opération assez laborieuse, mais sans difficulté réelle, donne finalement pour le carré moyen de Δ la valeur :

$$\frac{m}{16\pi^2}(A'^2 + B'^2)(e^{2mx} - e^{-2mx} - 2\cos 2mx).$$

De là, on déduit la puissance superficielle dissipée $\frac{P}{S}$;

$$\frac{P}{S} = \int_{-h}^{+h} \rho\Delta^2 dx = \frac{\rho m}{16\pi^2}(A'^2 + B'^2) \,.\, (e^{2mh} - e^{-2mh} - 2\sin 2mh),$$

et, en substituant leurs valeurs à A' et B' :

$$\left.\begin{aligned} \frac{P}{S} &= \mathcal{H}_s^2 \frac{\rho m}{16\pi^2} \frac{e^{2mh} - e^{-2mh} - 2\sin 2mh}{e^{2mh} + e^{-2mh} + 2\cos 2mh} \\ &= \mathcal{H}_s^2 \frac{\rho m}{16\pi^2} \frac{\sinh 2mh - \sin 2mh}{\cosh 2mh + \cos 2mh} \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Telle est l'expression générale. Elle est d'un calcul numérique facile si l'on dispose d'une table des sinus et cosinus hyperboliques. Mais elle peut recevoir une forme plus courante au moyen du développement en série de la fonction de mh. Cette opération donne sans difficulté :

$$\frac{P}{S} = \mathcal{H}^2{}_s \frac{\rho m}{16\pi^2} \frac{(2mh)^2}{6} [1 - 0{,}0405\,(2mh)^4 + + 0{,}0017\,(2mh)^8 - \ldots].$$

Il convient de remarquer que ce développement n'est utile que jusqu'à des valeurs de $2mh$ très peu supérieures à l'unité, condition nécessaire pour que la série soit assez rapidement convergente dès ses premiers termes.

Pour $2mh = 1$, le terme $(2mh)^4$ conserve seul une importance appréciable; dès que $2mh = 0{,}7$ ce terme lui-même devient inférieur à 0,01 et peut être pratiquement négligé. L'expression générale se simplifie donc pour $2mh$ petit; elle se simplifie également pour $2mh$ grand, car sinh x et cosh x croissant indéfiniment avec x la fraction fonction de $2mh$ tend évidemment vers l'unité quand $2mh$ croît. A la limite, elle vaut 1 et le résultat devient indépendant de l'épaisseur $2h$.

C'est un résultat que l'on pouvait prévoir d'après les considérations développées ci-dessus. Pour le calcul numérique, il est plus commode de se débarrasser du facteur $16\pi^2$ en substituant à $\mathcal{H}_s$ la densité linéaire de courant Δ_s exprimée en unités C.G.S., c'est-à-dire en déca-ampères par centimètre. On déduit ainsi de la formule (9) les suivantes :

$$2mh < 0{,}7 \quad \frac{P}{S} = \Delta^2{}_s \rho m \frac{(2mh)^3}{6} \quad (10)$$

$$2mh \leq 1{,}0 = \Delta^2{}_s \rho m \frac{(2mh)^3}{6} [1 - 0{,}04\,(2mh)^4] \quad (11)$$

$$2mh \text{ quelconque} = \Delta^2{}_s \rho m \frac{(2mh)^3}{6} [1 - 0{,}04\,(2mh)^4 + + 0{,}0017\,(2mh)^8 - \ldots] \quad (12)$$

$$2mh > 6 = \Delta^2{}_s \rho m. \quad (13)$$

Telles sont les formules dont on va faire quelques applications aux principales pièces des machines dynamo-électriques.

(*A suivre*). R.-V. PICOU.

LE RÉGIME FUTUR DE L'ÉLECTRICITÉ A PARIS

CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

Au moment où le conseil municipal de Paris va être appelé à prendre une détermination sur le régime futur de l'électricité, il n'est pas sans intérêt de passer en revue les différents projets qui lui sont soumis pour rechercher celui qui est de nature à donner le plus de satisfaction à la population parisienne.

Mais, pour tirer de cet examen comparatif des conclusions d'une certaine valeur, il convient de se rendre compte tout d'abord du travail qui reste à accomplir pour donner à la distribution de l'électricité son plein développement.

Les résultats obtenus par les Secteurs ne sauraient malheusement permettre de se former une opinion bien justifiée. Des tarifs extrêmement élevés, dus à des prix de revient excessifs et à des durées d'amortissement beaucoup trop faibles, ont limité le nombre des abonnés à une fraction très restreinte de la population, si bien que l'électricité est restée jusqu'à ce jour l'apanage exclusif des favorisés de la fortune.

Mais si ce mode d'éclairage offre assez d'avantages pour qu'un certain nombre de consommateurs n'hésite pas à lui donner la préférence malgré son prix élevé, le moment est venu cependant où il ne convient plus de considérer cette lumière si agréable et si parfaite comme un objet de luxe. Et tous les efforts doivent tendre à en vulgariser l'emploi, de même que l'eau et le gaz, afin que tous, du plus riche au plus humble, puissent jouir de ses bienfaits.

Paris compte dans son enceinte plus de 300 000 établissements commerciaux (magasins, boutiques, ateliers, cafés, hôtels, etc.) et près de 250 000 appartements d'un loyer au-dessus de 500 francs. Et cependant le nombre total des abonnés des Secteurs n'atteint pas 35 000.

Les applications de force motrice sont dans une situation relativement plus précaire encore, et, en dehors des ascenseurs, ne représentent qu'une très petite partie de la puissance totale des machines en service.

Il reste donc un effort considérable à accomplir si l'on veut doter Paris d'une distribution d'électricité réellement capable de satisfaire à tous les besoins.

La population tout entière désire ardemment cette vulgarisation. Elle voudrait aussi qu'en développant la distribution de ce mode d'énergie on arrive enfin à débarrasser l'atmosphère des fumées épaisses et malsaines que ne cessent d'y déverser les innombrables cheminées d'usines. Et elle ne comprend pas que le Conseil municipal ait réservé jusqu'ici toute son attention pour le gaz, en se préoccupant aussi peu des services considérables que l'électricité pouvait rendre à une population aussi nombreuse et aussi dense.

Ce n'est que lorsque cette vulgarisation aura été complète qu'on pourra dire qu'un grand progrès a été réalisé à Paris.

La première des conditions à remplir, pour atteindre ce résultat est un abaissement considérable des tarifs.

Ce sera donc une des conditions essentielles du nouveau régime si le Conseil municipal veut faire œuvre utile.

Mais cet abaissement est intimement lié à la mise en œuvre de procédés de fabrication économiques, et il peut être par suite de quelque utilité d'établir un parallèle entre les différents projets, afin de faire ressortir ceux qui peuvent le mieux répondre à cette condition primordiale.

Ces grosses réductions de tarifs ne sont nullement incompatibles avec la situation de concessionnaire de la ville de Paris et avec les lourdes charges qui en sont la conséquence : charges municipales, dépenses onéreuses des canalisations souterraines, prix élevé du combustible, amortissement relativement rapide des dépenses engagées.

Grâce au nombre considérable des abonnés, grâce à leur consommation exceptionnellement élevée, Paris, la Ville-Lumière par excellence, peut permettre, en effet, une exploitation essentiellement économique, difficilement réalisable en toute autre circonstance.

Mais tous les projets sur lesquels le Conseil municipal aura à se prononcer ne permettent pas d'atteindre ce résultat au même degré, et c'est ce que nous allons nous efforcer de montrer.

Nous classerons pour cela les différents projets en quatre catégories principales :

1. Prolongation des concessions des Secteurs existants pour une nouvelle période de 10 années.
2. Fusion des Secteurs et concession nouvelle unique, sans transformation importante des systèmes de distribution.
3. Fusion des Secteurs et concession nouvelle unique, avec transformation complète des systèmes de distribution.
4. Exploitation en régie par la Ville.

Nous examinerons successivement les conditions générales d'établissement et d'exploitation de chacune de ces catégories.

Prolongation des concessions des Secteurs existants. — Créés peu d'années après l'apparition de la lampe à incandescence et à une époque où l'avenir de l'électricité était incertain, souvent même très contesté, les Secteurs portent encore, pour la plupart, l'empreinte de leurs débuts modestes.

Ils ont dû franchir une longue période de tâtonnements avant de connaître les besoins qu'ils avaient à satisfaire, et ces besoins développés avec le temps ont bien souvent dépassé toutes leurs prévisions.

La situation encore précaire de la science électrique ne pouvait du reste leur permettre d'étendre bien loin leurs conceptions. Puis paralysés par une durée de concession insuffisante, ils n'ont pu suivre la marche incessante des progrès de l'industrie, et les améliorations qu'ils ont apportées remontent à une date déjà trop ancienne pour leur permettre de rivaliser avec les grandes distributions modernes.

Aussi peut-on leur reprocher, d'une façon générale, d'avoir des usines génératrices trop nombreuses, avec des unités d'une puissance beaucoup trop faible.

Quel parallèle établir, en effet, entre des usines de 7 000 à 8 000 kilowatts considérées il y a peu d'années encore comme des œuvres considérables, et les usines de 60 000 et même 70 000 kilowatts en cours de construction à l'étranger. Comment comparer les lourdes et encombrantes machines de 1 000 kilowatts, à vitesse lente, qui sont même une exception dans ces anciennes usines, avec les turbines de 12 000 et même 14 000 kilowatts à très grande vitesse angulaire que l'on a vues surgir dans ces derniers temps.

Aucun des Secteurs ne présente ce caractère de grande organisation qu'on rencontre dans les usines de construction récente et qui est indispensable pour permettre une production économique. Tout se transforme, et la marche du progrès est si rapide qu'une période de dix années suffit bien souvent pour donner à un matériel une marque d'ancienneté défectueuse.

Telle usine qui faisait à juste titre l'admiration des techniciens apparaît aujourd'hui bien au-dessous du but qu'on avait cru atteindre.

La compagnie du Métropolitain de Paris n'offre-t-elle pas un exemple frappant de cette transformation rapide, puisque, à moins de quatre années d'intervalle, elle a été amenée à modifier complètement le principe primitivement adopté pour ses usines génératrices.

Toutes ces imperfections se traduisent par un accroissement considérable des dépenses de premier établissement et du prix de revient de l'énergie électrique produite.

Les grandes usines modernes, avec un outillage aussi parfait que possible, ne reviennent pas à 250 francs par kilowatt, tandis que les usines en service, quoique fort incomplètes, n'ont pas coûté moins de 900 francs et dépassé même quelquefois 1 300 francs par kilowatt.

Et les mêmes écarts se retrouvent dans les frais d'exploitation, puisque dans ces usines le prix de revient de l'énergie peut descendre au-dessous de 5 centimes par kw-h, alors qu'il oscille entre 10 et 20 centimes suivant les Secteurs et suivant leur mode de production et leur système de distribution.

La prolongation des concessions pour une nouvelle période de faible durée laisserait persister toutes ces imperfections et ne permettrait pas d'apporter des améliorations suffisantes.

Comme par le passé, la subdivision des moyens de production, en multipliant le nombre des usines, rendrait impossible l'emploi d'unités puissantes, entraînant ainsi des dépenses de premier établissement et des frais d'exploitation beaucoup plus considérables.

Sans doute l'amortissement des dépenses déjà effectuées sera un fait accompli en 1907, pour la plupart des Secteurs, ce qui leur permettra de ne plus tenir compte de cet amortissement dans leurs prix de vente. Mais l'amortissement très rapide des nouvelles et importantes dépenses à engager viendra peser lourdement sur leur exploitation.

Et même oseront-ils, en raison de cette durée très courte de leur prolongation, entreprendre les transformations indispensables dans leur outillage pour leur permettre de réduire suffisamment leurs frais d'exploitation ?

Tout permet de croire qu'une sage prudence leur commandera de se limiter à accroître le nombre des unités au fur et à mesure des nouveaux besoins en augmentant légèrement la puissance des unités nouvelles. Mais les systèmes de distribution ne seront pas modifiés et les anciennes usines démodées continueront à servir, comme par le passé, malgré leurs imperfections si grandes.

Aussi ne voit-on pas les raisons qui pourraient permettre à cette solution de consentir, sur les prix de vente actuellement pratiqués, les réductions considérables qu'on est en droit de demander.

Fusion des Secteurs et concession nouvelle unique sans transformation importante des systèmes de distribution. — Le groupement de tous les Secteurs, tels qu'ils existent, en une exploitation unique, n'apporterait pas une amélioration bien sensible à cette situation défavorable, en raison de l'absence complète d'homogénéité des systèmes de distribution.

Paris est en effet une des villes les plus curieuses par la variété de ces systèmes. Le courant alternatif, employé sous toutes ses formes, simple, diphasé, triphasé, y est utilisé, soit directement, après simple réduction de tension, soit par transformation en courant continu. Et celui-ci se présente lui-même sous les aspects les plus variés avec distribution à 2 fils, 3 fils et 5 fils.

Certaines usines produisent directement le courant consommé par les abonnés; d'autres ne constituent que des sous-stations de transformation du courant emprunté, soit à des exploitations étrangères, soit à des usines génératrices établies extra-muros. En sorte que ces usines, comme les systèmes de distribution, sont totalement dépourvues d'homogénéité et présentent la collection de machines la plus hétéroclite qui se puisse imaginer.

Ces exploitations sont donc beaucoup trop dissemblables pour qu'on puisse espérer jamais les amalgamer utilement sans avoir recours à une transformation radicale et complète.

La fusion des Secteurs ainsi comprise laisserait donc subsister en grande partie tous les fâcheux effets de la subdivision des moyens de production. Tout au plus permettrait-elle de réaliser quelques économies sur les frais généraux. Et encore ces économies n'auraient-elles pas l'importance qu'on serait tenté de leur attribuer, en raison du nombreux état-major que nécessiterait une exploitation aussi complexe.

Elles seraient insuffisantes en tous cas pour permettre une réduction sensible des prix de vente.

Fusion des Secteurs et concession nouvelle unique avec transformation complète des systèmes de distribution. — Les projets rentrant dans cette catégorie sont essentiellement d'ordre hypothétique et leurs prévisions reposent forcément sur des présomptions.

Aussi pour me permettre de donner quelque valeur à cet examen comparatif, ai-je été obligé, en l'absence de toute documentation précise, de me livrer à une étude préalable très approfondie, avec le concours de maisons de construction particulièrement compétentes et de spécialistes des plus autorisés, afin de définir les conditions générales auxquelles ces projets devront satisfaire.

On comprendra que je ne puisse exposer ici en détail,

l'avant-projet que nous avons été ainsi amenés à dresser et que je doive me limiter à en faire connaître les grandes lignes.

Ce sont, en réalité, les résultats généraux de cette étude seuls qu'il importe de connaître pour se former une opinion sur la valeur des projets rentrant dans cette troisième catégorie.

Ainsi qu'on l'a vu plus haut, Paris renferme plus de 300 000 établissements commerciaux et près de 250 000 appartements susceptibles de recevoir la lumière électrique, alors que le nombre des abonnés des Secteurs n'atteint pas actuellement 35 000, desservis par un ensemble d'usines dont la puissance totale est inférieure à 45 000 kw.

Il n'y a par suite aucune exagération à admettre qu'avec des tarifs suffisamment réduits et à l'aide de certaines mesures économiques appropriées, le nombre de ces abonnés s'élèvera rapidement au point d'exiger une puissance au moins trois fois plus considérable et supérieure par conséquent à 100 000 kw.

Ce sont ces résultats que nous avons adoptés pour base de notre étude. Nous avons admis également que tous les systèmes de distribution secondaire devront faire place à un réseau de distribution unique, à courant continu, tandis que toute la production se trouvera concentrée dans une puissante usine génératrice susceptible d'être portée à plus de 100 000 kw.

Ce programme ne constitue à la vérité qu'une amplification des travaux que les Secteurs seront eux-mêmes obligés d'entreprendre, soit pour la transformation de certaines canalisations et de certains réseaux de distribution défectueux, soit pour l'extension naturelle de leurs réseaux.

La plupart des canalisations existantes sont à leur extrême limite de puissance et seront en tous cas insuffisantes pour répondre aux grandes augmentations de débit que vont provoquer les abaissements de tarifs.

On comprend que dans ces conditions il puisse paraître plus avantageux de faire table rase de tout ce qui existe, pour créer un réseau de distribution entièrement nouveau et homogène et répondant aux derniers progrès de la science afin de mettre à la disposition de tous les abonnés, sans exception, le courant le mieux approprié aux principales applications de l'énergie électrique.

Cette opération est bien loin de présenter les difficultés insurmontables qu'on s'est plu à lui attribuer.

Quoique le délai qui reste à courir soit très limité, une entreprise de cette importance n'est pas au-dessus des forces humaines et on conçoit très bien, en tous cas, qu'on puisse *sans un seul jour d'interruption* continuer provisoirement l'exploitation, à l'expiration des concessions, en utilisant les canalisations qui deviendront la propriété de la Ville et en raccordant temporairement la nouvelle usine aux points de départ en nombre très limité de ces canalisations.

Le Préfet ne dispose-t-il pas, au surplus, d'un droit de réquisition pour tout ce qui touche aux services publics. L'exercice de ce droit ne permettra-t-il pas à tout nouveau concessionnaire, sous réserves d'indemnités à fixer par les tribunaux compétents, de se servir des usines et du matériel des Secteurs pendant tout le temps nécessaire à l'achèvement de ses travaux de transformation?

On est toutefois autorisé à penser que cette éventualité n'aura même pas lieu d'être envisagée, et que les Sociétés en cause, guidées par leur propre intérêt, ne se priveront pas bénévolement d'une source importante de bénéfices et se prêteront avec empressement à toute entente de nature à éviter toute interruption dans le service des abonnés.

Les transformations des réseaux de distribution pourront donc s'effectuer sans troubles et sans plus de difficultés à surmonter que celles déjà rencontrées par la Compagnie Parisienne de l'Air Comprimé lors du remaniement complet de son réseau de distribution.

Nous avons pu nous rendre compte que la réalisation d'un projet de cette importance n'entraînerait pas à une dépense de premier établissement supérieure à 150 000 000 fr.

Or si l'on se reporte aux bilans publiés jusqu'ici par les différents Secteurs on voit que toutes ces distributions ont déjà nécessité une dépense de plus de 125 000 000 fr.

C'est-à-dire qu'en procédant par voie d'extension des Secteurs, tels qu'ils existent, le développement de la distribution que nous avons envisagé porterait leurs dépenses de premier établissement bien au delà de 250 000 000 fr, soit à près du double des dépenses nécessitées par la création d'une distribution entièrement nouvelle.

L'amortissement d'un capital aussi élevé aurait une répercussion considérable sur les prix de vente et par suite aussi sur les prix de revient de l'énergie.

Dans toute distribution le prix de revient est en effet essentiellement fonction du débit et diminue au fur et à mesure que la consommation s'accroît davantage.

Cette loi est particulièrement applicable aux distributions d'électricité, et ses effets se feront d'autant plus sentir à Paris que le projet adopté par le Conseil municipal permettra de consentir des prix de vente plus réduits en favorisant ainsi le développement de la consommation.

Les tarifs appliqués jusqu'ici par les Secteurs ont été prohibitifs pour la plupart, et les abaissements qu'ils pourront consentir, avec une prolongation de concession, ne seront pas suffisants encore pour leur assurer un très grand courant d'adhésions nouvelles.

Aussi semble-t-il que les projets rentrant dans la troisième catégorie doivent se prêter mieux qu'aucune autre solution au développement de la distribution de l'énergie électrique.

Exploitation en régie par la Ville. — L'exploitation en régie par la Ville se présentera dans des conditions très différentes suivant l'époque où elle sera décidée et suivant les idées mises en pratique par l'Administration municipale.

Appliquée dès l'année 1907, à l'expiration des concessions actuelles des Secteurs, elle constituera en réalité une fusion de leur exploitation et aura par conséquent tous les inconvénients reprochés aux projets rentrant dans la deuxième catégorie. Ces inconvénients ne pourront disparaître que si la Ville se décidait à une transformation complète et reprenait ainsi pour son compte l'idée de création immédiate d'un puissant réseau de distribution.

Cette transformation, coûteuse, mais relativement aisée en ce moment, deviendra de plus en plus difficile et plus onéreuse par la suite, si la Ville consentait une prolongation de concession et permettait ainsi aux Secteurs de développer leurs usines et leurs réseaux de distribution.

Tout se trouverait remis en question à l'expiration de cette nouvelle période, et les dépenses nouvelles engagées le seraient sans profit aucun pour la Ville.

Les canalisations qui doivent lui faire retour en fin de concession se trouveraient un peu plus développées, mais sans cesser d'être disparates, et leur transformation ne pourrait être qu'une cause de dépenses plus importantes. Et, comme par le passé, les usines continueraient à lui échapper.

La Ville ne retirerait donc aucun bénéfice de cette prolongation des concessions; peut-être même y trouverait-elle une cause de pertes.

N'aurait-elle pas, au contraire, un profit considérable à recueillir, en retardant cette municipalisation de quelques années, en permettant à un concessionnaire nouveau et unique d'établir dès l'année 1907 une distribution uniforme, dotée de tous les perfectionnements que l'expérience a révélés?

A l'expiration de cette nouvelle concession, la Ville entrerait en possession gratuitement de tout ce nouvel outillage, canalisations et usines comprises, et pourrait ainsi assurer dans des conditions économiques exceptionnelles l'exploitation en régie.

Nous avons montré que le bénéfice qu'elle réaliserait ainsi ne serait pas inférieur à 150 000 000 fr.

Quoi qu'il en soit, il n'est pas sans intérêt d'examiner si la Ville est bien en situation pour appliquer à l'électricité le régime de l'exploitation en régie.

Si cette solution a déjà soulevé de nombreuses controverses en ce qui concerne le gaz, il semble qu'avec l'électricité les objections soient plus nombreuses encore et doivent réclamer une étude très approfondie, avant de prendre une détermination.

La concurrence privée, irréalisable avec le gaz, devient avec l'électricité chaque jour plus facile et se montre d'autant plus redoutable que les procédés de fabrication se perfectionnent de plus en plus.

L'entrée en ligne des moteurs à gaz pauvre et le très bas prix auquel ces appareils permettent de produire l'énergie électrique, ouvrent, à cet égard, des horizons nouveaux et bien faits pour donner à réfléchir à tous ceux que préoccupe l'avenir des concessions d'électricité dans les grandes villes.

Les exploitations isolées, par ilots, peu pratiques autrefois avec les machines à vapeur, ont pris dans ces derniers temps, grâce à ces nouveaux appareils, un développement considérable, principalement en Allemagne, et Paris, plus qu'aucune autre Ville, est essentiellement favorable à ce nouveau mode d'exploitation.

Libres et indépendantes, et exemptes par conséquent de toute redevance municipale, ces exploitations vont créer pour les concessionnaires futurs une concurrence d'autant plus dangereuse qu'elles rechercheront de préférence les blocs les plus intéressants par le nombre et la consommation des abonnés, et retireront ainsi aux concessionnaires leurs plus précieux éléments de bénéfices.

La Ville ne paraît pas très bien armée avec la régie pour s'engager dans cette lutte. Son exploitation n'aura certainement jamais assez de souplesse pour lui permettre de consentir les réductions de tarifs que les circonstances imposeront et faire œuvre, en un mot, de commerçant avisé aux prises avec des concurrents.

Tout autorise à croire qu'elle sera impuissante en face de la concurrence, et l'exemple du Secteur municipal des Halles est bien fait pour confirmer dans cette opinion.

La Ville exploitant elle-même verra donc lui échapper non seulement les gros consommateurs intéressés à produire eux-mêmes leur énergie électrique, mais encore toute l'importante clientèle des futures exploitations par ilôts. Et nous avons montré combien tout ce qui pouvait faire obstacle au développement de la consommation devait être contraire à une exploitation économique.

Mais une autre cause, au moins aussi grave, semble devoir restreindre considérablement l'exploitation municipale.

Si l'on se reporte aux discussions qui ont précédé le vote de la Régie par le Conseil municipal, on remarque qu'une des principales raisons qui a fait décider en principe l'application de ce nouveau régime aux deux distributions, gaz et électricité, a été la crainte de voir l'électricité s'ériger en concurrente de l'exploitation municipale du gaz.

La concentration de ces deux distributions dans les mains de la Ville aurait donc comme conséquence de favoriser le développement du gaz au détriment de l'électricité, car il est incontestable que la Ville, soucieuse avant tout de conserver les importants profits qu'elle retire de l'exploitation du gaz, se refusera à prendre toute mesure susceptible de porter ombrage à ses revenus, en développant l'électricité.

Cette préoccupation constante formera le principal obstacle à un abaissement important des tarifs, et par suite au développement de l'exploitation.

Et cependant il est indiscutable que la Ville a le plus grand intérêt à encourager la rivalité chaque jour plus ardente qui s'est établie entre ces deux exploitations.

C'est à cette rivalité que l'on doit les améliorations et les perfectionnements considérables réalisés dans ces dernières années, et la Ville commettrait une faute grave si elle cherchait à la détruire.

Le gaz et l'électricité sont également indispensables, de plus en plus, à notre existence, et leur développement ne s'est trouvé retardé jusqu'ici que grâce aux tarifs beaucoup trop élevés qui ont empêché leur généralisation.

L'un et l'autre ont leurs applications propres, et si le gaz est précieux pour le chauffage et la cuisine, l'électricité offre d'incomparables avantages comme lumière et comme force motrice.

Aussi la Ville ne peut-elle raisonnablement songer à favoriser l'un au détriment de l'autre, et son intérêt bien compris lui commande de laisser libre cours à cet instrument de progrès par excellence qu'est la concurrence.

N'est-elle pas assurée de retirer ainsi un profit beaucoup plus considérable, grâce aux redevances qu'elle peut prélever également sur les deux exploitations.

Résumé. — L'idée d'exploitation en régie doit donc être nettement écartée, parce que la Ville ne sera jamais en état de soutenir la lutte contre la concurrence privée, et parce que la concentration entre ses mains des deux distributions, gaz et électricité, élèverait une barrière presque infranchissable au développement de l'électricité.

La prolongation pure et simple des concessions des Secteurs est également une solution bâtarde qui ne permettra aucune amélioration et qui ne fera que reculer la solution définitive en aggravant encore les difficultés.

Les concessions qui vont expirer le 7 avril 1907 ont été en effet un régime de transition qu'on ne pouvait éviter avec une science aussi récente que la science électrique, et qui était indispensable pour faire connaître ce nouvel élément et se rendre compte de l'avenir qui pouvait lui être réservé.

Mais la période des tâtonnements est passée aujourd'hui, et il convient de mettre à profit l'expérience acquise et les progrès considérables réalisés dans l'industrie pour organiser d'une façon rationnelle cette distribution d'électricité afin de placer Paris au niveau des villes les plus favorisées.

Cette expérience a mis en relief les défauts et les qualités des différents systèmes et a permis de reconnaître que si le courant alternatif polyphasé doit être adopté dans les grandes usines génératrices et pour les distributions à grande distance et à haute tension, c'est en revanche au courant continu qu'on doit avoir recours de préférence pour les distributions secondaires alimentant les abonnés ; surtout dans une ville comme Paris.

La fusion des Secteurs en deux groupements, tels qu'on les préconise, et comprenant d'une part les Secteurs à courant continu, et d'autre part les Secteurs à courant alternatif, aurait donc, en dehors de toute autre considération, le très grave défaut de priver plus de la moitié de la population parisienne de l'usage du courant continu si précieux pour les applications diverses.

Les auteurs de cette idée de fusion ont eux-mêmes reconnu implicitement les grands inconvénients du courant alternatif simple, en proposant d'adopter le courant triphasé pour tous les quartiers de l'Est et du Nord. Ce qui aurait cependant, comme conséquence fâcheuse, d'apporter une complication nouvelle dans la distribution générale au lieu de la simplifier.

Mais, même n'attacherait-on qu'une importance secondaire à tous ces inconvénients, il semble néanmoins que cette solution soit loin d'être aussi aisée qu'on veut bien le dire.

Comment ce groupement s'opérera-t-il? La Ville en fera-t-elle une condition indispensable de son nouveau traité avec les Secteurs ou se contentera-t-elle de supprimer dans le cahier

des charges la clause qui s'y oppose, avec l'espoir de le voir un jour se réaliser par la force naturelle des choses?

Imposer ce groupement préalable paraît fort difficile; admettre qu'il pourra s'établir de lui-même par la suite serait un leurre.

Trop d'intérêts divers, généraux et particuliers, doivent être conciliés pour parvenir à une fusion complète.

Toutes ces considérations permettent de conclure que la solution la plus avantageuse pour tous, Ville, consommateurs et contribuables, constructeurs et ouvriers, doit être recherchée parmi les projets rentrant dans la troisième catégorie.

Toutefois, les discussions que va soulever cette question du régime futur de l'électricité à Paris sont appelées à demeurer stériles si elles doivent rester confinées dans le domaine des déductions plus ou moins intéressées.

La Ville ne sera réellement en mesure de se faire une opinion précise sur les diverses solutions que le jour où elle se décidera à faire appel à la concurrence avec l'intention bien arrêtée de réserver la préférence aux propositions les plus favorables, appuyées sur des garanties sérieuses.

Tout est à faire ou plutôt à refaire pour la distribution de l'électricité à Paris, et ce n'est qu'en apportant dès maintenant, dans la réalisation de cette distribution, la conception la plus large qu'on permettra à la population parisienne de tirer tout le profit possible de cette nouvelle source d'énergie.

F. Nave.

DISPOSITIF DE SÉCURITÉ

CONTRE LA

RUPTURE DES LIGNES A HAUTE TENSION

Depuis quelques années les industriels se sont préoccupés de protéger, dans la mesure du possible, la vie humaine mise en danger par leurs machines et leurs moyens de production. La loi sur la protection des accidents du travail est intervenue pour réglementer la question, et les inspecteurs nommés pour son application s'emploient à préconiser et à imposer de nombreux systèmes de protection.

Parmi les industries dangereuses se trouve incontestablement celle des transports d'énergie électrique, à cause de l'électrocution possible en cas de rupture des conducteurs aériens.

Au moment où cette industrie a commencé à prendre un développement intéressant, l'État s'est préoccupé tout spécialement de cette question de sécurité publique; mais, en l'absence de tout système pratique, l'État désarmé s'est couvert par la loi du 27 juillet 1894, qui lui donne tous pouvoirs pour imposer telle protection qu'il jugerait convenable, non seulement aux lignes en instance d'installation, mais encore aux lignes en fonctionnement.

C'est alors qu'un électricien, M. E. Giraud, a inventé un système de protection rendant le conducteur inoffensif en cas de rupture. Son système a été employé à la suite d'un concours organisé par la Compagnie du Triphasé pour sa ligne d'Asnières à Enghien, sur laquelle une protection avait été imposée.

En mars 1904, les différents appareils pour haute et basse tension de M. Giraud ont été essayés à Evian-les-Bains, en présence de délégués de M. le ministre des travaux publics et de M. le sous-secrétaire d'État des postes et télégraphes, qui ont constaté leur fonctionnement rapide et assuré.

Le 30 mars paraissait l'arrêté ministériel reconnaissant aux exploitants le droit de faire agréer une disposition présentant des garanties suffisantes ou *rendant le conducteur inoffensif en cas de rupture.*

Plus récemment, le 28 novembre 1904, une lettre de M. le préfet de police à M. l'inspecteur général du contrôle des tramways impose à toutes les compagnies de tramways de son service l'emploi « d'un dispositif spécial permettant d'éviter tous les dangers d'électrocution provenant de la rupture et de la chute des conducteurs électriques, en supprimant d'une façon permanente jusqu'à la réparation des fils conducteurs tout courant électrique dans le fil qui tombe, le courant devant être supprimé avant l'arrivée du fil rompu à une distance minima du sol égale à 2,5 m ».

Ce sont précisément les résultats que donne le système E. Giraud.

Ce système d'appareils de protection est basé sur un principe simple et sûr. Il utilise la réaction mécanique horizontale se produisant sur l'isolateur au moment de la rupture d'un conducteur pour faire mouvoir un organe qui met ce conducteur rompu en contact direct soit avec un conducteur voisin de potentiel différent, soit avec la terre quand il n'y a qu'un conducteur.

Ce contact direct actionne un disjoncteur automatique d'usine ou de section.

L'effort mécanique mis en jeu est égal à la tension mécanique du conducteur, et, par suite, toujours important; l'organe à faire mouvoir est très léger et son mouvement se borne à une rotation autour d'un pivot.

Vu la disproportion entre l'énergie disponible et le travail à effectuer, on est sûr que celui-ci se produira toujours malgré les agents extérieurs, neige ou givre, qui viendraient englober l'appareil.

De plus, l'action est instantanée, car la force utilisée est maxima au départ, c'est-à-dire au moment où il faut vaincre la petite inertie de l'appareil. En fait, le câble rompu a à peine le temps d'obéir à la pesanteur avant que le courant ne soit rompu, et on voit le disjoncteur fonctionner bien avant que le câble n'atteigne des appareils témoins placés à 2,5 m de hauteur, c'est-à-dire au-dessus de la tête des passants.

Il n'en est pas de même avec les appareils de protection mécaniques utilisant la pesanteur, car ils utilisent précisément le mouvement dangereux du câble rompu sans limiter l'amplitude de ce mouvement.

De même, les appareils de protection purement électriques exigent pour leur fonctionnement que le câble rompu soit à terre, c'est-à-dire qu'il ait déjà pu causer

des accidents. Si le fil reste suspendu à un arbre, un toit, ou d'une manière quelconque reste suspendu à une certaine distance du sol, il continue à être dangereux.

L'appareil électrique a, de plus, le désavantage de n'être pas visible et de ne pas produire sur les passants et sur les municipalités dont dépendent les autorisations l'effet moral que produit un appareil qu'on voit toujours en place, prêt à agir, et dont le fonctionnement est apparent dès qu'il y a rupture.

Les appareils Giraud se divisent en deux groupes distincts, suivant qu'il s'agit de lignes à haute tension ou de lignes de tramways.

Les figures 1 et 2 représentent : sur l'isolateur du haut l'appareil à glissement, sur celui du bas l'appareil fixe

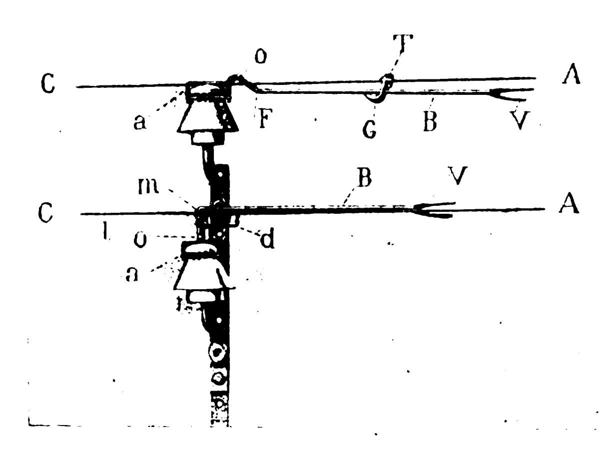


Fig. 1.

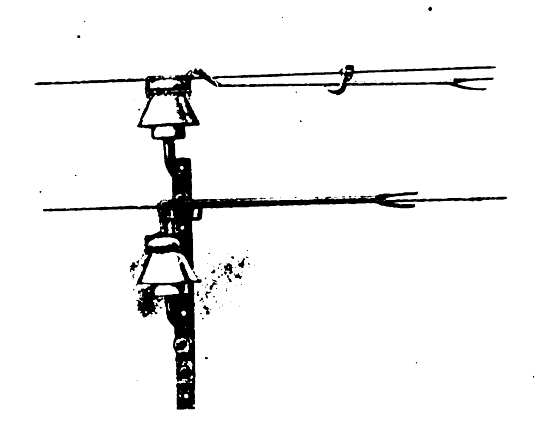


Fig. 2.

pour ligne à haute tension, figurés dans la position normale avant la rupture d'un conducteur. L'appareil à glissement se compose d'une armature *a* fixée sur l'isolateur et dans laquelle coulisse librement le conducteur. Elle porte, au moyen d'un centre O, un levier F enfourchant le conducteur et portant un bras B muni à son extrémité

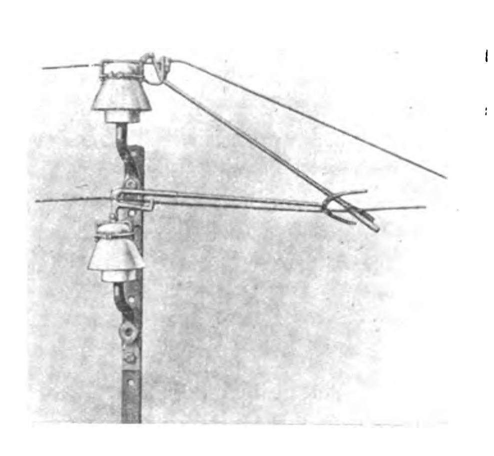


Fig. 3.

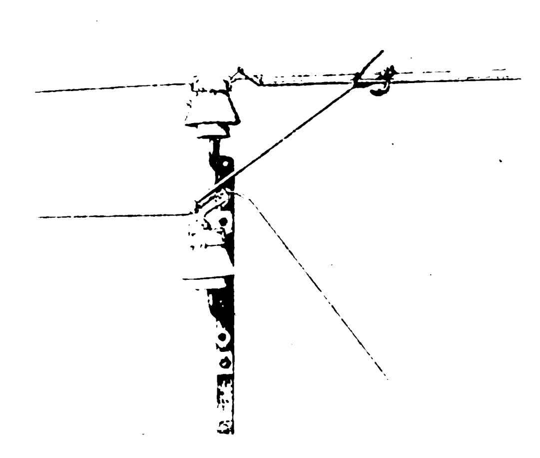


Fig. 4.

d'une fourche V en forme d'arc de cercle. Sur le conducteur est serré un talon T. Une fourche G portée par le talon T soutient le bras B. Au moment de la rupture du conducteur en A, le câble obéissant à la traction de la section non rompue glisse dans l'armature de l'isolateur ; le talon T vient appuyer sur le levier F, le fait tourner autour de O et porte par suite l'arc de cercle V en contact avec le second conducteur pour établir le court-circuit et faire fonctionner le disjoncteur. La position de l'appareil après rupture du conducteur est indiquée par la figure 3.

L'isolateur du bas de la figure 1 porte l'appareil fixe.

Celui-ci s'emploie dans le cas de conducteurs en pente, ou quand on veut fixer de loin en loin un câble protégé par l'appareil à glissement. Il peut également s'employer seul.

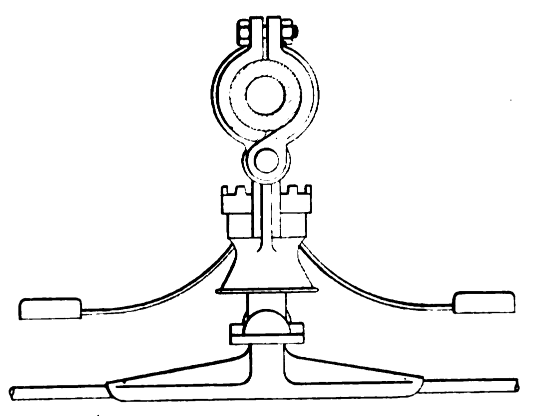
Il se compose d'une pièce métallique *a* fixée sur l'isolateur et portant au moyen d'un axe *o* un levier *l* pouvant osciller autour de *o*; ce levier porte un serre-fil *m* pouvant tourner de manière à ne pas tordre le câble quand le levier s'incline. Ce levier *l* porte en outre une branche B, comme dans l'appareil précédent, puis un bras *d* venant emboiter le câble.

Dans ces conditions, le câble ne peut faire pencher le levier ni vers C à cause de la réaction du bras *d*, ni vers A à cause du contact sur le câble du bras B.

Dans le cas de rupture du câble en A, la réaction du bras *d* cesse et le levier, entrainé par le brin C, tourne librement autour de *o* jusqu'à ce que le bras B vienne former court-circuit avec l'autre conducteur (fig. 4) et actionner par là le court circuit.

La figure 5 représente un des appareils pour tramways.

Sur un isolateur ordinaire pour console ou pour suspension par fil, l'oreille ou mâchoire portant le conducteur, au lieu d'être fixée au boulon isolant, est placée à l'extrémité d'un levier horizontal que porte ce boulon.



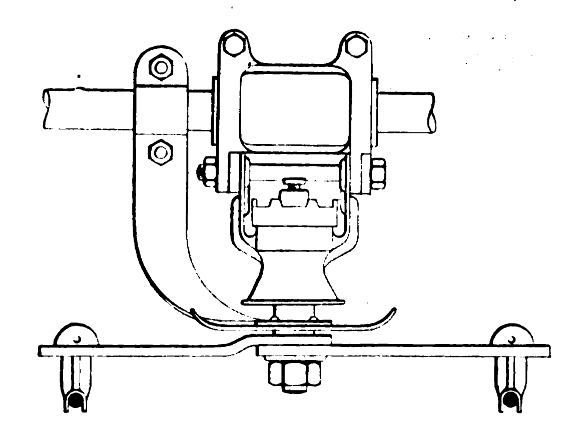


Fig. .

Quand il y a deux conducteurs de même potentiel, comme dans le cas de la figure 5, le boulon isolant porte les leviers des deux conducteurs, ce qui permet de n'avoir qu'un isolateur au lieu des deux ordinairement employés.

A la partie supérieure de l'isolateur, ou directement à la console est fixée une pièce en forme de V renversé, dont les extrémités repliées horizontalement sont disposées sur le chemin que décrit la tête du boulon portant l'oreille, en tournant autour du boulon isolant. Cette pièce est reliée à la terre.

Au moment de la rupture d'un conducteur, la variation brusque produite dans la tension du fil fait osciller le levier correspondant autour du boulon isolant et la tête du boulon de l'oreille vient se coincer sous la pièce de contact reliée à la terre. Le court-circuit actionne le disjoncteur.

Tous ces appareils fonctionnent instantanément au moment de la rupture. Pour tous on ne peut pas remettre le courant tant que le conducteur est à terre.

Le Syndicat français pour l'exploitation des brevets E. Giraud offre toujours à ses clients d'installer des appareils sur leurs propres lignes et de procéder à des essais de rupture pour en démontrer l'efficacité.

Pour plus de commodité, il a fait installer dans l'usine de la *Société industrielle des Téléphones*, à Paris, une ligne sur laquelle sont montés des appareils de ses différents systèmes. Des plaques de tôle sont disposées à 2,5 m du sol pour recevoir les conducteurs lors de leur chute; des appareils de mesure sont reliés à ces plaques pour prouver qu'il ne reste plus de courant sur le conducteur au moment où le brin rompu vient à leur contact. Du reste, on voit fonctionner le disjoncteur bien avant d'entendre le bruit du câble tombant sur les tôles.

Il est donc facile de se rendre compte que les appareils E. Giraud répondent pratiquement et sûrement au triple but :

1° Supprimer tous les dangers d'électrocution provenant de la rupture et de la chute des conducteurs électriques.

2° Supprimer d'une façon permanente jusqu'à la répation des fils conducteurs tout courant électrique dans le fil qui tombe.

3° Supprimer le courant avant l'arrivée du fil rompu à une distance du sol supérieure à la hauteur des passants.

A. Z.

SUR LA DISTANCE DISRUPTIVE DANS L'AIR

M. Hugo Grob, ingénieur à Oerlikon, près Zürich, publie les renseignements suivants, dans le numéro du 10 novembre, de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*.

M. Dr B. Walter, à la suite d'essais, a établi que, pour

des distances disruptives dans l'air de plus de 5 cm, on peut employer la relation :

$$U = a + bd$$

dans laquelle U est la tension disruptive, d la distance et a et b des constantes. Cependant celui qui voudrait employer cette relation pour des machines et des transformateurs pourrait commettre des erreurs. Depuis plusieurs années la fabrique de machines d'Oerlikon construit des transformateurs à ventilation artificielle à haute tension, par exemple des appareils essayés à 55 000 v et fonctionnant en service sous 36 000 v. On obtient dans les essais parfois des étincelles disruptives qui contredisent formellement la relation indiquée ci-dessus.

Afin d'étudier ces circonstances, M. Grob a entrepris une série d'essais dont les résultats sont indiqués ci-après.

Des essais antérieurs avaient montré à l'auteur que la forme des électrodes a une grande influence sur la distance disruptive, mais que cependant ce ne sont pas toujours les plus petits rayons de courbure, comme on le prétend généralement, qui donnent la plus grande distance. Afin d'être en premier lieu indépendant de la variation de la forme, M. Grob a d'abord entrepris une première série d'essais entre des pointes d'aiguilles, en employant après chaque production d'étincelle des aiguilles neuves. L'une des aiguille était fixe, tandis que l'autre pouvait se déplacer le long d'une échelle. Le courant était emprunté à une génératrice donnant une tension absolument sinusoïdale ; cette dernière était mesurée au moyen d'un voltmètre à fil chaud ; la variation de la tension était obtenue en faisant varier l'excitation de la génératrice.

Jusqu'à la tension de 45 000 v (fig. 1), les points relevés

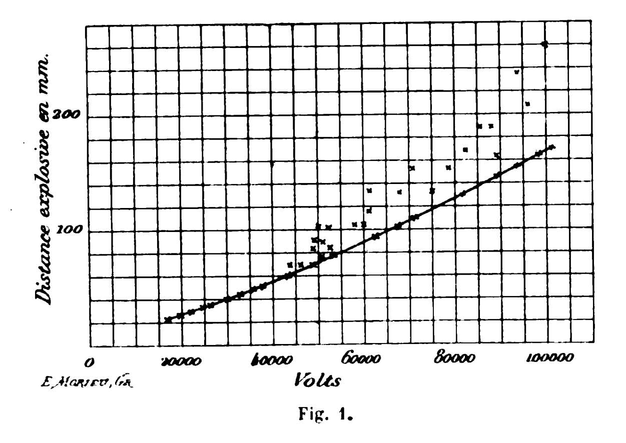


Fig. 1.

formaient une courbe très régulière ; à partir de cette tension par contre, les résultats, pour une cause inconnue, étaient tout à fait irréguliers. Quoi qu'il en soit, ainsi qu'il est visible sur la figure, les points inférieurs formaient la continuation régulière de la première partie de la courbe. Le phénomène restait inexplicable, car s'il avait été dû à une irrégularité des pointes des aiguilles, il serait intervenu déjà à des tensions plus basses. D'autres expériences permirent de conclure que l'irrégularité ne pouvait provenir de la différence de la quantité d'ozone de l'air. Finalement, M. Grob employa au lieu d'aiguilles des boules d'acier de 10 mm de diamètre, il obtint alors une courbe bien définie (courbe I, fig. 2). A cette occasion,

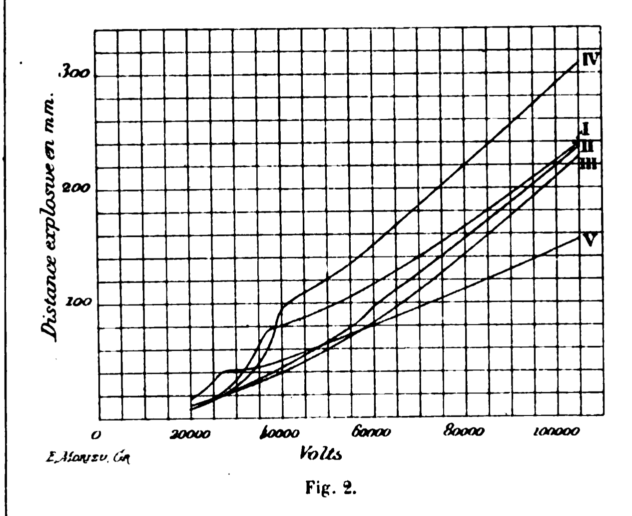


Fig. 2.

il constata de nouveau ce phénomène, qu'en un endroit quelconque de la courbe, il se manifeste une sorte de coude, qu'il n'avait jamais pu s'expliquer et il en rechercha donc en premier lieu les causes.

Une série d'essais dut être interrompue une fois, afin de faire un petit changement à la canalisation. Lorsque l'on reprit les essais avec les mêmes boules et la même tension, la distance explosive avait augmenté brusquement de 40 pour 100. M. Grob chercha de suite à rétablir les conditions des premiers essais, et en opérant, il put se rendre compte qu'en faisant varier légèrement la position des conducteurs, on faisait varier la distance explosive de 50 pour 100 et qu'ensuite en continuant à déplacer les conducteurs dans le même sens, la distance explosive pour une tension donnée passait par un maximum, puis par un minimum. Ceci montrait bien évidemment l'influence de la capacité et cela amena M. Grob à disposer sur les tiges des boules, des disques circulaires d'un décimètre de diamètre ; de manière à pouvoir les approcher plus ou moins des boules. En déplaçant ces disques, il put arriver dans les diverses courbes relevées à déplacer les coudes (courbe II, fig. 2) et vit que, dans l'échelle des expériences (de 20 000 à 100 000 v), on peut les faire disparaître (courbe III, fig. 2). Dans les essais relatifs à cette dernière courbe, les disques étaient placés à plusieurs centimètres des boules. On a donc certainement affaire à une sorte d'effet de résonance. Cette supposition est, du reste, confirmée par les expériences suivantes qui démontrent en outre que d'autres vibrations peuvent entrer en jeu. La distance disruptive est influencée dans de grandes proportions par des étincelles secondaires. M. Grob fit l'expérience suivante (fig. 3). Il disposa parallèlement au dispositif principal A, un deuxième circuit constitué par une capacité C et une longueur d'étincelle B moindre. La capacité était constituée par une plaque d'ébonite recouverte des deux côtés de feuilles d'étain ayant

une surface d'environ 1 m² et une épaisseur de 10 mm. Après chaque décharge, la distance auxiliaire B des étincelles était un peu allongée, tandis que la tension était maintenue constante. En augmentant la longueur des étincelles qui jaillissaient constamment en B, on faisait varier la distance explosive en A. Celle-ci variait de 10 pour 100 en plus et en moins d'une manière ondulatoire; il n'y avait aucune régularité dans les variations, tous les 1 à 3 cm on obtenait de nouveaux maxima. Soudain, dans les environs de 85 à 88 mm, un nouveau phénomène se produisit. La distance disruptive principale entre les boules A, à la tension constante de 60 000 v, varia brusquement de 118 à 170 mm et inversement, quand on faisait varier seulement de $\frac{1}{100}$ de mm la longueur des étincelles secondaires. Il suffisait de toucher à peine la vis micrométrique commandant l'une des boules B pour faire varier brusquement la longueur d'étincelle entre les boules A. On se trouve évidemment alors dans une zone de résonance prononcée.

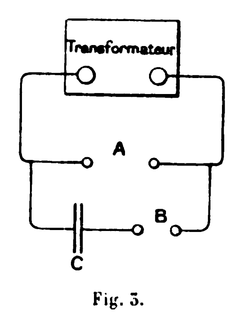


Fig. 3.

M. Grob disposa alors les boules B, de manière à obtenir entre les boules A, la distance disruptive maximum pour 60 000 v, il ne toucha plus alors aux boules B et releva une courbe sur les autres boules, en fonction de la tension, cette courbe avait le sommet d'un coude justement à la tension de 60 000 v. Dans le relevé de la courbe IV de la figure 2, on avait disposé en série avec les boules principales A, une autre distance explosive d'environ deux dixièmes de mm, et cela suffisait pour augmenter de beaucoup la distance explosive.

Ceci permet donc d'expliquer les phénomènes qui se sont manifestés lors de la première série d'expériences (fig. 1). Les aiguilles, quoique provenant d'un même paquet, avaient des longueurs différentes. Comme la distance entre les pointes des aiguilles était la même, c'étaient les distances entre les supports qui variaient, et ceux-ci ont une certaine surface et faisaient varier la capacité du système.

Aucune courbe de distances disruptives n'est donc toujours applicable, car on a toujours deux variables en jeu, la distance des électrodes et la capacité du système, celle-ci variant avec la distance des électrodes. On peut s'expliquer ainsi pourquoi les courbes relevées avec deux formes différentes d'électrodes peuvent se couper. La courbe V, fig. 2, en est un exemple, elle a été relevée entre deux fils de 12 mm de diamètre, recourbés en forme d'antennes ou de cornes.

Quand on examine les courbes des distances explosives pour les aiguilles et pour les boules, on voit immédiatement que ces dernières, contrairement à l'opinion généralement émise, sont plus faibles. Quand on examine les valeurs excessivement petites de la courbe V, on peut arriver à la conclusion donnée par M. Grob, que vraisemblablement la capacité formée par les électrodes conjointement avec la self-induction qui peut accidentellement apparaître sont d'une influence absolument prépondérante par rapport à la forme des électrodes, qui n'intervient qu'en seconde ligne.

Il est cependant remarquable que, malgré ces diverses influences, la relation donnée par M. B. Walter.

$$U = a + bd$$

se vérifie presque toujours pour des tensions élevées, à l'exception il est vrai des parties ayant la résonance indiquée. La relation représente une ligne droite, et les parties supérieures des courbes fig. 1 et 2 sont à peu près des droites. A. Z.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Les merveilles télégraphiques. — Profitant de la présence de l'ambassadeur d'Autriche-Hongrie à Carlton Hotel, on a récemment fait des essais avec l'appareil télégraphique Pollak-Virag, en vue de montrer son bon fonctionnement à la Presse.

Le Postmaster General a pris ses dispositions pour faire des expériences en vue de connaître la valeur pratique de cet appareil, concurremment avec l'appareil de Wheatstone et le système multiplex.

Jusqu'à présent, l'appareil ne donne qu'une seule copie du message, et il ne le fait pas en caractères d'imprimerie, mais en une écriture cursive, en lignes continues, tout à fait lisibles. Un des avantages est sa grande vitesse, 40 000 mots par heure, qui dépasse un peu les 600 mots par minute qui sont transmis en théorie par le Wheatstone.

Dans chaque cas, le ruban qui expédie le message doit être perforé. Dans l'appareil Pollak-Virag, la perforation est obtenue avec une machine à écrire. On a besoin de deux fils pour la transmission des courants électriques à la station de réception. Les courants produisent des vibrations sur les plaques de deux téléphones placés dans la station de réception, et ce sont ces dernières qui transforment les impulsions électriques en écriture.

Pour adapter cette invention aux besoins de la presse, spécialement quand on a besoin de beaucoup d'exemplaires d'un message, ou lorsqu'il faut transcrire le même message en différents points d'un circuit, il faut attendre le développement photographique, ce qui est parfois long.

Mais actuellement, il paraîtrait qu'on se borne à chercher à obtenir l'autorisation du Postmaster General pour permettre au locataire d'une ligne à double fil, entre deux points donnés, d'y installer un poste de télégraphie rapide sur le système Pollak-Virag pour son usage particulier.

Le chemin de fer métropolitain. — Le chemin de fer métropolitain a commencé à transformer il y a peu de temps son installation. Étant données les conditions actuelles d'exploitation, il ne sera guère possible de faire tout d'un coup le changement et de passer de l'installation à vapeur à l'installation électrique. Il faut que la transformation soit graduelle. Elle sera effectuée en interposant des trains électriques entre des trains à vapeur, mais on espère que, d'ici peu, le service électrique entier sera réalisé entre Bakon-Street et Uxbridge. Cela ne sera que le commencement. Sir Charles Mac Laren, le directeur de la Compagnie, a dit que, lorsque le chemin de fer métropolitain serait prêt avec son équipement, le District Railway serait aussi en mesure de prendre sa partie de travail. La coopération des deux Compagnies est naturellement nécessaire à la transformation électrique du réseau circulaire, qui est connu sous le nom de l'Underground. Lorsqu'on aura surmonté les difficultés de couplage en parallèle des alternateurs qui se présentent actuellement à l'usine génératrice, avec la certitude que les machines une fois en train pourront marcher jour et nuit toute l'année, tout ce qui restera à faire sera de terminer les travaux de protection en enlevant tout le bois des plateformes, de façon à ce que, dans l'hypothèse possible d'un court-circuit, il n'y ait aucun danger d'incendie. On cherche beaucoup à donner au public une grande confiance dans la sécurité de la ligne; on cherche aussi à la rendre propre afin de réhabiliter ces lignes souterraines, en sorte que l'Underground électrique sera aussi bien bien éclairé et aussi commode que les autres lignes.

Chaque train pourra recevoir 360 voyageurs. Chaque voiture est montée sur deux bogies, de construction anglaise, en acier comprimé. Il y a une voiture motrice à chaque bout du train, les cars intermédiaires étant sans moyen de propulsion propre.

Dans chacune des motrices, chaque essieu est actionné par un moteur séparé de 110 kilowatts, de sorte que chaque train de 6 voitures comportera 8 moteurs contre 1 sur les anciens trains traînés par la vapeur. Grâce à cela, on obtiendra une accélération plus grande, on évitera de plus les patinages et on réduira la vibration à son minimum. On voit très peu des appareils de commande, car ils sont fixés au-dessous des wagons, et l'espace occupé par les interrupteurs et les leviers est très petit.

Quoique l'électrification de ce chemin de fer soit très onéreuse, on espère que l'augmentation du nombre des voyageurs la justifiera.

Les orages magnétiques. — M. Walter Maunder a récemment montré l'existence de la périodicité des orages magnétiques à la British Astronomical Association. En examinant quelques centaines d'observations relevées sur les registres de l'Observatoire de Greenwich, M. Maunder a montré que les orages magnétiques ont lieu à des intervalles de 27 jours, 8 heures, ce qui est précisément la période de la révolution du soleil sur son axe par rapport à la terre. M. Maunder attribue ce fait à ce que, lorsqu'une région particulière de la surface du soleil est tournée vers nous, par exemple une tache, il peut se produire un trouble magnétique qui se répétera 27 jours 1/3 plus tard, quoiqu'il puisse y avoir des périodes sans aucune perturbation. La région spéciale qui affecte les instruments de Greenwich, est située sur le 222e méridien de longitude solaire, et près de 26 heures après que ce méridien s'est présenté vers nous, on constate l'orage magnétique.

M. Maunder croit que la cause provient de particules de matière, sans doute chargées d'électricité, et qui s'élancent des régions constituant les taches du soleil, en rayons, comme l'eau d'un arrosoir, ou comme les rayons émis du radium.

Si cela est vrai, il faut que l'atmosphère de la terre soit sujette aux bombardements moléculaires du soleil, et certaines régions ou taches de la surface du soleil doivent être le siège de formes spéciales d'activité plus ou moins continuelle.

On en conclut que si ces émanations accomplissent le trajet du soleil à la terre en 26 heures, il faut qu'elles circulent à une vitesse de 1600 km par seconde. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 28 novembre 1904

Sur une nouvelle catégorie d'ions. — Note de M. G. Moreau, présenté par M. Mascart. — Dans une Note antérieure (24 mai 1904), j'ai établi qu'une vapeur saline ayant traversé un tube de porcelaine à 1000° environ, est rendue conductrice; qu'entraînée loin de la région chauffée, elle reste conductrice à des températures inférieures et possède les propriétés d'un gaz ionisé. Parmi les sels étudiés ceux de potassium s'ionisent le plus facilement, notamment les KI, KCl, KBr, $KAzO^3$.

Poursuivant l'étude de ces vapeurs, j'ai mesuré les mobilités des nouveaux ions en employant la méthode suivante, déjà appliquée par Zeleny aux gaz ionisés par les rayons Rœntgen :

Le courant d'air d'une trompe à eau traverse une solution aqueuse d'un sel A, un tube de porcelaine chauffé et deux condensateurs cylindriques P et Q de même diamètre, dont l'électrode intérieure est commune. Le cylindre P est au sol et Q relié à un électromètre. Si l'on fait croître le potentiel V de l'électrode intérieure, le courant *i* reçu par Q croît, atteint un maximum pour décroître et s'annuler. De la tension cor-

respondant au maximum, on déduit simplement la mobilité de l'ion positif ou négatif.

Voici les résultats obtenus avec les sels de potassium :

I. Dans une région quelconque du trajet du courant gazeux, les ions positifs et négatifs ont une égale mobilité.

II. Pour une solution A de concentration fixe, la mobilité de l'ion diminue rapidement à mesure que l'on s'éloigne de la région chauffée et à peu près comme la densité des centres chargés. La variation n'est pas due à la température, qui est restée comprise entre 100° et 140° dans mes expériences. La masse de l'ion augmente dès que la densité des centres chargés diminue et que le nombre des molécules salines neutres s'accroît par recombinaison des ions.

Exemple. — $A = KAzO^3$: La solution A contient une molécule par litre :

	K_0.	K_1.	K_2.
Champ : 1 volt-centimètre, en cm	0,19	0,13	0,076
Distance des régions d'observation, en cm.	11	11	

III. Dans une région du courant gazeux la mobilité augmente, quand la concentration de la solution A diminue, à peu près comme la racine carrée de cette concentration pour les sels de potassium très ionisables et moins rapidement pour les autres.

Exemple. — Mobilités observées à 140°, à 20 cm de la région d'ionisation :

La concentration de la solution A a varié de 1 molécule à 1/16 de molécule par litre.

K a varié de 0,15 cm à 0,50 cm pour KI, KCl, $KAzO^3$, KBr,
— 0,30 cm à 0,70 cm pour KOH, K^2CO^3, K^2SO^4, etc.

On remarquera que ce résultat est analogue à celui que j'ai obtenu avec les flammes salées, où la mobilité de l'ion négatif croît en sens inverse de la concentration (*Annales de Chimie et de Physique*, septembre 1903).

Des observations précédentes on peut conclure qu'au voisinage de la région d'ionisation les mobilités des vapeurs sont du même ordre que celles des ions des gaz issus d'une flamme. D'abord intermédiaires entre les ions des gaz soumis aux rayons Rœntgen et les ions lents de l'émanation du phosphore (Bloch, *Thèse en doctorat*), les nouveaux ions se rapprochent de ces derniers par la rapide décroissance de leur mobilité (résultat II). Or il paraît établi que les ions du phosphore sont des centres chargés accompagnés d'oxydes de phosphore, les premiers se partageant la matière des seconds, dont la quantité varie avec la vitesse d'oxydation. Pour les vapeurs un phénomène analogue se produit : dans la région d'ionisation, les centres chargés se partagent les molécules salines neutres en nombre croissant avec la concentration du courant gazeux et, à mesure qu'ils s'éloignent, se nourrissent des molécules neutres provenant de la recombinaison des ions de signes contraires, recombinaison dont j'indiquerai prochainement les lois.

Sur la genèse de la radioactivité temporaire. — Note de MM. Ed. Sarasin, Th. Tommasina et F.-J. Micheli, présentée par M. H. Becquerel. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 5 décembre 1904.

Recherches sur les diélectriques solides. — Note de MM. V. Crémieu et L. Malclès, présentée par M. H. Poincaré. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Expériences permettant de déceler les rayons N. — Note de M. H. Bordier, présentée par M. d'Arsonval. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Pendule en acier-nickel entretenu électriquement. — Note de M. Jean Mascart, présentée par M. Lippmann. — Les remarquables travaux de M. Ch.-Ed. Guillaume sur l'acier-nickel ont immédiatement mis en évidence l'intérêt considérable qu'il y aurait pour l'horlogerie à utiliser une matière dont la dilatation est nulle, en première approximation; et, s'appliquant à la correction de l'erreur secondaire de compensation des chronomètres, l'emploi judicieux des aciers au nickel dans la construction des balanciers a permis à M. Guillaume de résoudre le problème par un moyen très simple, sans l'adjonction d'aucun système de compensation auxiliaire.

Il est également indiqué de chercher à étendre cette application aux pendules simples, tels qu'ils sont employés dans les observatoires, car les variations qu'éprouve l'acier-nickel avec le temps n'ont pas l'importance que d'aucuns purent craindre au début. L'expérience a montré immédiatement, entre les mains de M. Caspari, le succès de cette tentative : du premier coup le pendule peut être compensé de façon à avoir une marche bonne, non pas excellente. En général, ces pendules seront suspendus par des lames flexibles, à encastrement, et c'est cette suspension même qui va engendrer de nouvelles difficultés, des écarts brusques de marche, par glissement entre parties d'inégales dilatations.

Si l'on veut alors se rappeler l'analyse délicate de Tisserand sur la marche des pendules en fonction de la pression barométrique, le dernier perfectionnement indispensable à apporter, dans un instrument que l'on désire très précis, consiste à l'établir dans une enceinte hermétiquement close, à pression constante; or, jusqu'ici, les nécessités du remontage, des visites, ont empêché les observatoires de réaliser ce point très important, tandis que l'ingénieux dispositif de M. Lippmann, pour l'entretien électrique du mouvement pendulaire, conduit à la solution définitive de ce problème.

Désireuse d'utiliser ces perfectionnements récents, la maison Henry-Lepaute a construit, pour l'observatoire de Nice, deux pendules en acier-nickel, avec entretien électrique de M. Lippmann, et elle a bien voulu me demander tous les renseignements propres à les établir simplement, dans les meilleures conditions de rendement.

Je n'insisterai pas ici sur la description détaillée de ce

pendule, dont l'étude complète paraîtra plus tard : la tige est en invar de Fourchambault n° 731, avec un coefficient de dilatation égal à $\alpha = 1,696 \mu + 0,00561 \mu t$, car il faut que le second coefficient soit positif pour pouvoir réaliser une bonne compensation avec du laiton ; suspension par lame flexible. La tige est filetée vers son milieu, pour laisser une vis propre aux petits réglages, et à la partie inférieure pour la vis sur laquelle repose la masse de laiton : la masse de laiton serait d'une réalisation mécanique plus aisée avec deux demi-lentilles ; mais, pour lui éviter des dimensions trop considérables, elle est constituée par un cylindre coulissant librement sur la tige. Pour éviter les rotations de la masse, une rainure intérieure laisse passer une goupille fixée dans la tige.

Déjà, pour obtenir le laiton approprié, on rencontre quelques difficultés, les premiers échantillons, analysés, indiquaient la présence de traces de plomb, de fer (aluminium et phosphore ?), étain (antimoine ?) et argent, traces capables du moins d'altérer sensiblement les coefficients ; cette difficulté fut aisément surmontée et je ne veux pas insister sur les données numériques.

Les aimants de M. Lippmann sont placés de façon que leur action se produise au centre de percussion, et la compensation de toutes les pièces est complètement calculée en tenant compte des variations des moments d'inertie dues à la température.

Envoyé à Nice, un de ces pendules y resta quelque temps sans donner les résultats attendus, par suite d'une erreur de montage. Dès son retour, ce pendule fut, sans modification, remis à M. Claude qui le mit en marche à Montsouris sous la direction M. le commandant Guyou. Tant que son support n'est pas encastré solidement, un réglage soigné est impossible, mais, cette précaution prise, la vis inférieure permet immédiatement, en 24 heures, de lui donner une marche diurne de 2 secondes environ, et de le rendre aussi satisfaisant que les meilleures pendules de comparaison. Je ne veux pas empiéter ici sur l'étude détaillée qui pourra en être faite.

Deux problèmes très différents se posent alors pour l'heure :

Avoir une pendule gardant la minute pendant très longtemps, et une marche aussi faible que possible avec application aux chemins de fer, etc. ; on rentrera dans une construction coûteuse. Et, de plus, le calcul de la compensation rigoureuse devient presque inabordable : il faudra calculer spécialement les coefficients des échantillons employés, faire leur analyse, et déterminer toutes les constantes ; étudier les variations d'élasticité de la suspension, question plus délicate encore et moins connue que pour l'élasticité de torsion.

Ou bien établir des pendules très simples, très bon marché, avec une bonne compensation, mais dont le réglage ne pourra guère dépasser une seconde par jour ; pouvoir les mettre facilement à pression et à température constantes ; la marche diurne sera peu gênante puisque le compteur, entretenu électriquement, pourra toujours aisément être avancé ou retardé sans arrêter le pendule. C'est ce type courant que la maison Henry-Lepaute à l'intention de mettre en fabrication : il serait précieux pour les observatoires, puisqu'il serait très facile d'en avoir plusieurs se contrôlant, et j'espère avoir l'occasion de revenir ainsi sur cette intéressante question.

Sur l'enregistrement des rayons N par la photographie. — Note de MM. G. Weiss et L. Bull, présentée par M. A. Chauveau. (Voy. *Comptes rendus.*)

Séance publique annuelle du 19 décembre 1904.

PRIX DÉCERNÉS EN 1904.

Prix Hébert. (Commissaires : MM. Mascart, Lippmann, Becquerel, Potier, Amagat, Berthelot, Poincaré, Maurice Levy ; Violle, rapporteur). — Parmi les nombreux ouvrages consacrés à l'Électricité dans ces dernières années, *L'Électricité à la portée de tout le monde*, de M. Georges Claude, tient une place à part.

Très sûr et très clair, ce livre décèle par une saveur particulière l'esprit éminemment original de l'auteur. C'est bien l'œuvre d'un ingénieur distingué qui connaît par lui-même les passages difficiles et sait les faire franchir allègrement au novice quelque peu timide. Appréciant cette œuvre intéressante de vulgarisation, votre Commission vous propose de décerner le prix Hébert à M. Georges Claude.

L'Académie adopte les conclusions de ce rapport.

Prix Hughes. (Commissaires : MM. Lippmann, Becquerel, Potier, Violle, Amagat, Berthelot, Poincaré, Maurice Levy ; Mascart, rapporteur). — L'Académie décerne le prix Hughes à M. le lieutenant-colonel E. Ariès, pour ses publications sur la Théorie de la chaleur et la Statique chimique.

Prix Kastner-Boursault. (Commissaires : MM. Lippmann, Becquerel, Potier, Violle, Amagat, Berthelot, Poincaré, Maurice Levy ; Mascart, rapporteur). — La Commission propose à l'Académie d'attribuer le prix Kastner-Boursault à M. le capitaine Ferrié pour l'ensemble de ses travaux relatifs aux conditions les plus favorables des appareils destinés à la télégraphie sans fil, et pour les nombreuses expériences qu'il a dirigées en vue d'améliorer ce genre de communications.

L'Académie adopte les conclusions de ce rapport.

PRIX GÉNÉRAUX

Médaille Lavoisier. — L'Académie décerne la médaille Lavoisier à sir James Dewar, pour ses remarquables travaux relatifs à la liquéfaction du gaz.

Prix Lecomte. (Commissaires : MM. Mascart, Troost, Darboux, Berthelot, Maurice Levy, H. Becquerel, Bouchard, Moissan, Janssen, de Lapparent ; Poincaré, rapporteur). — La Commission nommée pour décerner le prix Leconte en 1904 a porté son choix sur M. René Blondlot, correspondant de l'Académie des sciences, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour l'ensemble de ses travaux.

Les premières publications de M. Blondlot, dont la plus ancienne remonte à l'année 1875, sont des notes relatives à l'électricité et au magnétisme, notes parfois fort courtes, mais qui se distinguent toutes par des considérations théoriques importantes ou par des expériences ingénieuses. On doit accorder une mention spéciale à des travaux très étendus et très complets sur la capacité de polarisation (1881) et sur le passage de l'électricité au travers des gaz chauds (1887).

Si le succès d'expériences isolées témoigne de l'habileté d'un expérimentateur, le choix des questions étudiées, les liens qui les rattachent les unes aux autres, aussi bien que la portée des résultats acquis, révèlent la valeur d'un esprit scientifique.

A ce point de vue, on peut reconnaître, dans chaque étude nouvelle de M. Blondlot, la trace des méditations que lui ont suggérées ses travaux antérieurs. C'est en 1888 que l'étude des théories fécondes de Maxwell le firent entrer dans la voie où il devait s'illustrer.

On savait, par une expérience de Kerr, que le diélectrique d'un condensateur devient biréfringent lorsque le condensateur est chargé. M. Blondlot se proposa de rechercher si ce phénomène est instantané. En étudiant, au moyen d'un miroir mobile, les variations de la biréfringence sous l'influence de la décharge oscillante d'un condensateur, l'auteur a reconnu qu'entre le phénomène électrique et le phénomène optique il ne s'écoulait pas $\frac{1}{40\,000}$ de seconde.

MM. Blondlot et Bichat ont observé la même instantanéité pour la polarisation rotatoire magnétique, faits qui ont une grande importance pour l'interprétation des phénomènes électriques et optiques. Les mêmes auteurs ont encore collaboré à divers travaux, et entre autres à des recherches sur les phénomènes actino-électriques.

Les célèbres expériences de Hertz sur la propagation des oscillations électriques (1887-1888), inspirées par la théorie électromagnétique de la lumière, ne pouvaient manquer d'attirer l'attention d'un aussi sagace observateur.

Le dispositif de Hertz comprend, comme on le sait, un excitateur, source des oscillations électriques, et un récepteur ou résonateur qui les décèle. Les ondes sont transmises soit au travers de l'air, soit le long de fils métalliques. M. Blondlot adopta cette dernière disposition et introduisit dans chacune des parties des modifications dont la plus originale porte sur le résonateur.

MM. Sarasin et de la Rive venaient de démontrer que les longueurs d'onde des oscillations recueillies par un résonateur ne dépendaient que des dimensions de cet appareil. Mettant à profit ces résultats, M. Blondlot, avec un résonateur formé d'un condensateur plan et d'un rectangle de fils de cuivre, reconnut par expérience que les longueurs d'onde des oscillations recueillies étaient proportionnelles aux valeurs calculées par la théorie de lord Kelvin.

En plongeant tout l'appareil dans un diélectrique liquide (1892) ou dans la glace (1894) les longueurs d'onde observées sont les mêmes que dans l'air, et l'on doit en conclure que les ondes se propagent le long des fils, dans les diélectriques, avec des vitesses inversement proportionnelles à la racine carrée de leur pouvoir inducteur spécifique. Cette constatation fournit l'une des vérifications les plus précises que l'on connaisse d'une des conséquences les plus importantes de la théorie de Maxwell.

Je passe l'énumération de diverses autres expériences sur les ondes hertziennes pour citer une vérification remarquable des mesures dont il vient d'être question.

La vitesse de propagation des ondes électriques le long de fils conducteurs peut se déterminer indépendamment de toute théorie par la méthode du miroir tournant imaginée en 1834 par Wheatstone. M. Blondlot, utilisant ce principe, combina un dispositif qui permet de faire éclater, entre deux mêmes pointes, deux étincelles provoquées par deux perturbations produites simultanément mais dont l'une voyage ensuite le long de fils métalliques ayant jusqu'à 1800 m de parcours. En photographiant les images des deux étincelles successives réfléchies sur un miroir qui tourne avec une vitesse connue, on peut, de l'écartement des images, déduire le temps qui s'est écoulé entre les décharges. Le temps ainsi mesuré conduit à attribuer à la propagation des ondes une vitesse pratiquement égale à celle de la lumière (1893).

La sagacité avec laquelle l'auteur a choisi les *experimenta crucis*, l'ingéniosité des dispositions expérimentales qu'il a adoptées, le tact qui lui a permis de prévoir et d'éviter les erreurs nous paraissent également dignes d'éloges, et M. Blondlot avait ainsi réussi à jeter quelque lumière sur une des questions les plus importantes de la philosophie naturelle.

Ces remarquables travaux suffiraient amplement pour justifier le choix de la Commission.

Dans ces derniers temps, M. Blondlot a étudié de curieuses actions qu'il attribue à un rayonnement nouveau auquel il a donné le nom de *rayons* N.

Toutes les propriétés de ces rayons nouveaux ne sont pas encore bien connues et les circonstances n'ont pas permis à tous les membres de la Commission d'acquérir sur ces questions la conviction que peut seule donner l'observation personnelle.

Toutefois, sans préjuger encore la signification et la portée de ces nouvelles découvertes, la Commission n'a pas cru devoir différer davantage la récompense que ce savant avait depuis longtemps méritée. Elle a voulu en même temps affirmer sa confiance dans l'expérimentateur et lui donner un appui au milieu de difficultés qui peuvent compter parmi les plus grandes que les physiciens aient jamais rencontrées.

Prix Wilde. (Commissaires : MM. Maurice Levy, de Lapparent, Mascart, Berthelot, Darboux, Troost, Lœwy ; Violle, rapporteur). — M. Paul Villard a débuté dans la science par une étude très soignée des hydrates de gaz ou de liquides volatils. Il a fait connaître plus de vingt corps nouveaux de ce genre, parmi lesquels les hydrates d'azote, d'oxygène, d'argon. Par des expériences précises, il a établi que tous ces corps présentent une similitude complète de constitution et de propriétés, ainsi que le pressentait M. Berthelot dès 1856. L'emploi d'un gaz inerte auxiliaire lui a permis d'obtenir au-dessous de zéro des hydrates jusque-là hypothétiques et d'ajouter à ce que l'on savait sur la dissociation quelques notions nouvelles qu'il a complétées par ses travaux sur la dissolution des solides et des liquides dans les gaz comprimés.

Les gaz comprimés au-dessus du point critique, azote, oxygène, acide carbonique, éthylène, dissolvent facilement les liquides et les solides, sulfure de carbone, brome, iode, camphre, paraffine, stéarine.

En étudiant les gaz liquéfiés ou solidifiés, M. P. Villard a vu que la plupart des anomalies signalées dans les tubes de Natterer sont attribuables à la lenteur avec laquelle s'uniformise la température dans ces tubes. Si l'on reproduit artificiellement les différences de température observées, on détermine à volonté, même au-dessus du point critique, les effets de mirage bien connus.

Relativement aux gaz solidifiés, il a démontré que l'acide carbonique et l'acétylène solides exposés à l'air libre se maintiennent à une température constante : ils sont en ébullition comme le carbone dans l'arc électrique.

Une autre série de recherches non moins importantes est relative aux rayons cathodiques, X, etc. M. P. Villard a analysé le phénomène de la formation et de l'émission cathodique. Il a mis en évidence le rôle important des parois de l'ampoule et leur influence sur la forme et le diamètre du faisceau émis. Il a reconnu l'existence d'un afflux de matière à la cathode, afflux expliquant les rayons de Goldstein et produisant l'échauffement de la cathode. Ayant constaté que les rayons cathodiques transportent toujours de l'hydrogène, M. P. Villard trouve dans l'expérience classique d'Henri Sainte-Claire Deville et de M. Troost sur la perméabilité du platine un moyen très simple de régénérer indéfiniment les ampoules usées productrices des rayons X : il les munit d'un petit tube de platine au travers duquel on peut, à volonté, faire entrer ou sortir de l'hydrogène sans ouvrir l'appareil ; ce procédé est aujourd'hui couramment employé en radiographie. Des dispositions nouvelles d'interrupteur et de soupape électrique seraient encore à signaler comme conséquences de ces recherches.

Abordant ensuite l'étude du radium, M. P. Villard décèle, à l'aide de phototypes dans un champ magnétique, en outre des rayons déviables connus, des rayons non déviables capables de traverser 1 cm de verre, comparables aux rayons X par leur propagation rectiligne et leur pouvoir pénétrant : ce sont les rayons γ.

D'autre part, il montre que l'impression produite par les rayons X sur les plaques photographiques, comme sur les

écrans fluorescents, est effacée par la lumière. Si donc, une plaque est d'abord totalement impressionnée par les rayons X, puis exposée dans un appareil photographique (40 à 60 secondes devant un paysage), les lumières du modèle détruisent l'impression primitive et l'on a par développement une image positive. Tous les rayons du spectre sont actifs pour cette destruction, mais particulièrement les bleu-violet et les rouge-orangé.

M. P. Villard s'est encore, et tout récemment, attaqué à une variété nouvelle de rayons cathodiques, les rayons magnéto-cathodiques qui ne paraissent transporter aucune charge électrique appréciable et qui dans un champ électrostatique subissent une déviation perpendiculaire aux lignes de force. L'étude de ces rayons se présente comme devant être féconde à divers points de vue : l'auteur y a déjà entrevu une explication du phénomène de l'aurore boréale.

Pour récompenser ce bel ensemble de travaux, poursuivis avec ardeur depuis plus de dix années au Laboratoire de l'École Normale, votre Commission vous demande de vouloir bien décerner le prix Wilde à M. Paul Villard.

L'Académie adopte les conclusions de ce rapport.

PRIX PROPOSÉS POUR LES ANNÉES 1905, 1906, 1907

MÉCANIQUE

Prix Montyon (700 fr). — Ce prix *annuel* est fondé en faveur de « celui qui, au jugement de l'Académie, s'en sera rendu le plus digne, en inventant ou en perfectionnant des instruments utiles aux progrès de l'agriculture, des arts mécaniques ou des sciences ».

PHYSIQUE

Prix Hébert (1000 fr). — Ce prix *annuel* est destiné à récompenser l'auteur du meilleur traité ou de la plus utile découverte pour la vulgarisation et l'emploi pratique de l'électricité.

Prix Hughes (2500 fr). — Ce prix *annuel*, dû à la libéralité du physicien Hughes, est destiné à récompenser l'auteur d'une découverte ou de travaux qui auront le plus contribué au progrès de la physique.

Prix Gaston Planté (3000 fr). — Ce prix *biennal* est attribué à l'auteur français d'une découverte, d'une invention ou d'un travail important dans le domine de l'électricité. L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, en 1905.

Prix L. La Caze (10 000 fr). — Ce prix *biennal* sera décerné, dans la séance publique de 1905, à l'auteur, français ou étranger, des ouvrages ou mémoires qui auront le plus contribué aux progrès de la physique. Il ne pourra pas être partagé.

Prix Kastner-Boursault (2000 fr). — Ce prix *triennal* sera décerné, s'il y a lieu, en 1907, à l'auteur du meilleur travail sur les applications diverses de l'électricité dans les arts, l'industrie et le commerce.

Téléphones de l'Industrie électrique :

RÉDACTION : **N° 812-89.**

ADMINISTRATION { **N° 704-23.** / **N° 704-44.**

BIBLIOGRAPHIE

Entwurf und Konstruktion moderner elektrischer Maschinen (ÉTUDE ET CONSTRUCTION DES MACHINES ÉLECTRIQUES MODERNES), par ERNST SCHULZ. — *Jänecke frères*, éditeurs. Hanovre, 1904. — Format : 265 × 180 mm; 152 pages. Prix relié : 9,50 fr.

Quelque grand que soit le format de cette plaquette, on ne saurait s'attendre à trouver, dans ses 150 pages, de longs détails sur le sujet qu'elle traite et encore moins, naturellement, des considérations théoriques conduisant aux conclusions qu'elle applique. C'est, en effet, avant tout, un résumé d'indications pratiques puisées aux nombreuses et précieuses sources de documentation que nous offre la littérature technique allemande.

Ces renseignements sont classés dans un ordre méthodique apparent, du moins au début, mais qui ne semble pas se maintenir jusqu'au bout, tant l'esprit d'analyse l'emporte un peu partout, mais particulièrement en Allemagne, sur le sens synthétique. L'ouvrage est divisé en deux parties, savoir : I. Moteurs à courant continu, comprenant huit chapitres; II. Moteurs d'induction, paraissant comprendre quatre chapitres. Ces sous-titres sont déjà un peu singuliers, étant donné le titre général d'après lequel on croirait les machines étudiées d'abord, comme d'ordinaire, au point de vue « génératrices », alors qu'elles le sont comme « réceptrices ». Détail secondaire cependant, si l'on veut, le principe de la réversibilité rendant presque indifférent le traitement dans un rôle ou dans l'autre, sauf avis à donner au public. Mais cette seconde partie ne comporte en réalité que trois chapitres, en une vingtaine de pages, et non quatre, sur les moteurs d'induction proprement dits; — le douzième et dernier chapitre du livre étant commun à tout ce qui précède et contenant la description et les données d'un certain nombre de machines modernes, génératrices ou réceptrices, à courant continu ou à induction, tout indiquées pour faire une troisième partie du livre et non un quatrième chapitre de la seconde.

A cela près, d'ailleurs, renseignements intéressants avec abondance d'images, généralement soignées (malgré l'héliogravure), aussi bien que l'impression et la mise en pages, dans lesquelles, décidément, excellent nos voisins.

E. B.

Manuel de l'électricien : Traité pratique des Machines dynamo-électriques, par A. SOULIER. — *Garnier frères*, éditeurs. Paris, 1905. — Format : 185 × 115 mm; 270 pages. Prix : 2,50 fr.

Sous le titre générique de « Manuel de l'électricien » mis un peu trop en vedette parce qu'il est de nature à

égarer l'acheteur, la librairie Garnier frères publie réellement ici, en troisième volume de sa petite collection ainsi dénommée, un « Traité pratique des machines dynamo-électriques » de notre collaborateur M. A. Soulier, faisant suite à ses deux précédents : « Traité pratique d'électricité » et « Les grandes applications de l'électricité ».

Après une première partie relative à la production de l'énergie électrique en général, l'auteur s'occupe, dans la seconde, des machines dynamo-électriques à courant continu, et, dans la troisième, des machines à courants alternatifs, ces deux sortes de machines étant destinées à la produire industriellement. Leur description, le mode de construction de leurs principaux organes, leur installation, conduite, entretien, couplage, aussi bien que les dérangements dont elles sont susceptibles et les soins à donner aux victimes d'accidents causés par leur exploitation, trouvent place dans ce petit résumé destiné au moins autant aux gens du monde qu'à l'industriel soucieux de ses intérêts, au mécanicien et à l'électricien débutant.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que, fidèle élève de son ancien maître et actuel rédacteur en chef, l'auteur se maintient, sans prétention ni pédagogisme, dans une exposition et une terminologie aussi simples que correctes, dont les lecteurs feront bien de se pénétrer pour rectifier les trop nombreuses publications qui les ont déjà induits ou les induiront en erreur. On ne pourra, à ce point de vue, comme à d'autres, que se féliciter de voir ce petit volume pénétrer dans les nombreux milieux auxquels il est destiné. E. B.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

345 851. — **Burlingham et Burton.** — *Connecteur électrique* (25 août 1904).

345 871. — **Townsend.** — *Procédé et appareil électrolytiques* (26 août 1904).

345 997. — **Berthenod.** — *Démarrage des moteurs monophasés d'induction* (2 septembre 1904).

346 002. — **Hultqvist.** — *Freinage pour moteurs électriques* (2 septembre 1904).

346 037. — **Thomas.** — *Distribution électrique* (3 septembre 1904).

346 038. — **Thomas.** — *Distribution électrique* (3 septembre 1904).

346 010. — **Arcioni.** — *Ampèremètre enregistreur* (2 septembre 1904).

346 104. — **Ziegenberg.** — *Élément galvanique zinc et superoxyde de plomb avec électrode positive résistant à l'acide* (7 septembre 1904).

346 114. — **Wedeking.** — *Vase en métal pour éléments d'accumulateurs avec parois formant support pour la masse active* (22 août 1904).

346 146. — **Baumann.** — *Électromoteur à armature oscillante* (9 septembre 1904).

346 206. — **Société Berliner M. A. G. v. Schwartzkopff.** — *Machine mono ou polyphasée avec champ tournant excitateur produit par le courant alternatif* (13 septembre 1904).

346 058. — **Klopfanstein.** — *Coupe-circuit thermique* (18 août 1903).

346 112. — **Guille.** — *Interrupteur automatique électrique unipolaire à mercure et à rupture brusque* (8 septembre 1904).

346 204. — **Ruffier.** — *Attache-fil électrique* (13 septembre 1904).

339 184. — **Société de matériel téléphonique.** — *Générateur magnéto pour courants alternatifs ou redressés* (24 novembre 1903).

346 280. — **Cras et Ducretet.** — *Combinateur pour signaux électriques* (16 septembre 1904).

346 215. — **Société Le Carbone.** — *Perfectionnements aux piles électriques à liquides immobilisés* (14 septembre 1904).

346 306. — **Berne.** — *Procédé de fabrication pour les balais de charbon mélangé à de la poudre de cuivre ou autre métal* (17 septembre 1904).

346 380. — **Jungner.** — *Électrodes pour accumulateurs* (20 septembre 1904).

346 399. — **Mourel-Maillard.** — *Groupe électrogène* (21 septembre 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Compagnie d'électricité de l'Ouest-Parisien : Ouest-Lumière. — Les actionnaires de cette Compagnie se sont réunis le 19 novembre dernier en Assemblée générale pour prendre connaissance des résultats de l'exercice 1903-1904. Ces résultats se sont traduits par un bénéfice brut de 519 867,05 fr et après amortissements par un bénéfice net de 269 867,05 fr.

Dans le courant de l'exercice la Compagnie a obtenu à son avantage le transfert de la concession de Levallois-Perret. La convention passée avec cette ville, comportant notamment une prolongation de la durée de la concession, a été approuvée le 30 septembre dernier par le préfet de la Seine.

Poursuivant son extension en Seine-et-Oise, l'*Ouest-Lumière* a obtenu les concessions des communes de Meudon et de Chaville. Cette dernière concession n'a été approuvée par l'administration supérieure qu'après la clôture de l'exercice 1903-1904. La Compagnie a également passé avec la commune de Saint-Cloud une convention comportant une prolongation de durée de la concession.

Précédemment une entente était intervenue entre l'Ouest-Lumière et la Compagnie générale de Lumière et de Traction pour l'alimentation du réseau de cette dernière à Nanterre. Par suite de transformations survenues dans cette Compagnie, nous avons pu, au cours du dernier exercice, acquérir dans de bonnes conditions la majorité de ses actions.

A l'usine, la turbine à vapeur installée l'année dernière ayant donné satisfaction, la Direction, pour répondre à l'accrois-

sement de la clientèle, a commandé un nouveau groupe électrogène du même système, d'une puissance de 1650 kw.

De nouvelles chaudières ont été affectées à l'alimentation de ce groupe. Ces installations ont eu pour conséquence de faire augmenter l'importance des bâtiments, et les dispositions prises permettront sans doute d'installer, sans constructions nouvelles, d'autres groupes électrogènes à mesure que le développement des réseaux le rendra nécessaire.

Enfin, il a été construit un canal de prise d'eau en Seine pour augmenter les moyens d'alimentation.

La puissance des sous-stations est restée la même, mais le nombre des transformateurs en service chez les abonnés ou dans les postes de quartier, qui étaient de 246 en 1903 sont passés à 309 en 1904. La puissance totale des transformateurs de 2637 kw s'est élevée à 3628 kw.

Pour les réseaux la longueur des canalisations qui à la fin de l'exercice 1901-1902 était de 272 481 m, et à la fin de l'exercice 1902-1903 de 325 907 m, s'est trouvée portée à la fin de l'exercice 1903-1904 à 407 020 m.

L'exploitation avait donné en 1901-1902 une recette de 996 821 fr, et en 1902-1903 de 1 348 635 fr, en 1903-1904 elle a procuré à la Compagnie de l'*Ouest-Lumière* une recette de 1 760 910,51 fr.

Le nombre d'abonnés a suivi la même progression, s'élevant progressivement de 1580 à 2189 d'abord et ensuite à 2927.

La puissance en kilowatts installée chez les abonnés a passé de 3155 à 4279 d'abord et ensuite à 5182 kw.

Pour l'exercice 1903-1904 nous avons dit que les recettes s'étaient élevées à 1 760 910,51 fr, les dépenses par contre ont atteint 1 241 043,46 fr laissant un solde créditeur de 519 867,05 fr, sur lequel le Conseil d'administration a décidé de porter une somme de 250 000 fr au compte général d'amortissements.

Après ce prélèvement, les bénéfices nets ressortent à 269 867,05 fr, que l'Assemblée a décidé de répartir comme suit.

5 pour 100 à la Réserve légale.	13 493,35 fr.
Dividende de 4 pour 100 aux 60 000 actions. . . .	240 000,00
Report à l'exercice 1904-1905.	16 373,70
Total.	269 867,05 fr.

Voici maintenant comment se présente la situation financière de la Compagnie.

BILAN AU 30 JUIN 1904

Actif.

Immobilisations :		
Terrains et constructions. . . .	1 501 999,16	
Matériel et installations . . .	7 094 262,28	
Petit matériel et outillage. . .	72 734,10	
Mobilier et agencement.	74 915,57	
Comptes d'attente (paiements sur achat de terrain).	52 500,00	
Entrepreneurs et constructeurs (paiements sur travaux en cours).	160 408,00	
Constitution et premier établissement (études et procédés). .	984 530,49	
Fonds de commerce.	515 000,00	10 456 349,60 fr.
Actif réalisable :		
A terme :		
Obligations différées.	978 000,00	
Approvisionnements généraux.	301 768,88	
Cautionnements	140 757,05	
Titres et valeurs.	233 066,30	1 653 592,23 fr.
Disponible :		
Caisse et banques	48 787,25	
Effets à recevoir	1 964,55	
Abonnés.	188 813,11	
Débiteur divers	113 846,93	353 411,84 fr.
A reporter.		12 463 353,67 fr.

Report.		12 453 353,67 fr.
Comptes divers :		
Frais d'émission des obligations.	250 000,00	
Prime de remboursement sur obligations émises	244 425,00	494 425,00 fr.
Total.		12 957 778,67 fr.

Passif.

Engagements sociaux :		
Capital-actions.	6 000 000,00	
Réserve légale.	13 493,35	
Compte général d'amortissements.	320 643,33	6 334 136,68 fr.
Engagements envers les tiers :		
A terme :		
Obligations.	5 866 500,00	
Dépôts de garantie.	183 719,52	6 050 219,52 fr.
Exigibles :		
Fournisseurs.	195 499,63	
Créditeurs divers.	38 971,34	
Actions, coupon 1	240 000,00	
Obligations, coupon 3 (4/6). .	73 327,50	
Obligations, coupons échus restant à payer.	268,30	
Obligations sorties à rembourser	8 982,00	557 048,77 fr.
Profits et pertes :		
Report à nouveau		16 373.70
Total		12 957 778,67 fr.

Aucun actionnaire n'ayant demandé la parole, le président mit aux voix les résolutions suivantes qui furent toutes adoptées.

Première résolution. — L'Assemblée, après avoir entendu la lecture du rapport du Conseil d'administration et du rapport des commissaires des comptes, approuve les comptes de l'exercice 1903-1904 tels qu'ils résultent du bilan et du compte de profits et pertes présentés par le Conseil.

Deuxième résolution. — L'Assemblée, sur la proposition du Conseil, fixe à 4 fr par action le dividende de l'exercice 1903-1904. Ce dividende sera payable, sous déduction des impôts, à partir du 26 décembre 1904, sur la présentation du coupon n° 1.

L'Assemblée décide de reporter à nouveau le solde du compte de profits et pertes s'élevant à 16 373.70 fr.

Troisième résolution. — L'Assemblée donne quitus de leur gestion à MM. Hentsch, administrateur décédé, et Pozzy, administrateur démissionnaire.

Quatrième résolution. — L'Assemblée nomme administrateur M. Étienne Mallet, dont les fonctions prendront fin en même temps que celles de l'ensemble du Conseil.

Cinquième résolution. — L'Assemblée, conformément aux stipulations de l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867, renouvelle aux administrateurs toutes autorisations en ce qui concerne les traités ou marchés à passer entre la Société et les Sociétés dont ils sont administrateurs ou directeurs.

Sixième résolution. — L'Assemblée nomme commissaires des comptes pour l'exercice 1904-1905 MM. A. Monnier et J. Blum, qui acceptent, avec faculté pour chacun d'eux d'opérer isolément, en cas d'empêchement de l'autre. Elle fixe à 700 fr l'allocation attribuée à chacun d'eux.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

54 303 — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 314 **25 Janvier 1905.**

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION
—
M. É. HOSPITALIER.
87, boulevard St-Michel. — Paris.
TÉLÉPHONE 812-89

ABONNEMENTS
—
Paris et Départements : 24 francs par an.
Union Postale : 26 francs par an.

ADMINISTRATION
—
9, rue de Fleurus, 9
Paris.
TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Lampes à incandescence de 110 et de 220 volts. — A la demande de la *Commission du régime futur de l'électricité à Paris*, le Laboratoire central d'électricité de la Société internationale des Électriciens a entrepris, sous la direction de M. Paul Janet, une série d'essais sur des lampes de 5, 10 et 16 bougies fournies par cinq fabricants différents. Ces essais ont été faits à potentiel constant sur accumulateurs et à potentiel sensiblement constant sur le Secteur de la Rive Gauche.

Il résulte de ces essais très intéressants, dont les détails seront présentés à la Société internationale des Électriciens, que les lampes à 110 volts ont, au début, une consommation spécifique moyenne de 3,6 watts par bougie et, après 200 heures, de 3,87 watts par bougie. Les lampes de 220 volts ont, au début, une consommation spécifique de 4,4 watts par bougie, et, après 200 heures, de 5,19 watts par bougie. L'accroissement de consommation spécifique pendant les 200 premières heures, est de 7 centièmes pour les lampes à 110 volts, et de 18 centièmes pour les lampes à 220 volts. Les lampes à 220 volts consomment au début, 22 pour 100 de plus et, après 200 heures, 34 pour 100 de plus, que les lampes à 110 volts.

Le prix des lampes varie de 40 à 60 centimes pour les lampes de 110 volts, et de 75 centimes à 1 fr pour les lampes à 220 volts.

Il y a donc à tous points de vue, une supériorité incontestable des lampes *actuelles* à 110 volts sur les lampes à 220 volts.

Protection contre la chute des fils de trolley. — La chute des fils de trolley préoccupe la Préfecture de police, et l'on nous communique le texte d'une lettre en date du 29 novembre dernier adressée par M. le préfet de police à l'Inspecteur général du contrôle des tramways, en réponse à un rapport émanant de l'inspection divisionnaire de la circulation et des transports.

Voici le texte de cette lettre qui intéresse tout spécialement les exploitations de tramways utilisant le fil de trolley :

« Par rapport (A, 3700) du 28 novembre 1904, vous me faites connaître qu'en attendant la solution définitive des études actuellement entreprises pour éviter tous les dangers provenant de la rupture et de la chute des conducteurs électriques en charge, il convient d'imposer dès aujourd'hui aux Compagnies concessionnaires, des mesures de sécurité spé-

ciales pour mettre les fils du trolley à l'abri de tout contact dangereux.

« Vous me proposez en conséquence :

« 1° D'inviter chacun des concessionnaires de lignes de tramways à traction par conducteurs aériens à étudier la mise en service d'un dispositif spécial permettant d'éviter tous les dangers d'électrocution provenant de la rupture et de la chute des conducteurs électriques, *en supprimant d'une façon permanente jusqu'à la réparation des fils conducteurs tout courant électrique dans le fil qui tombe, le courant devant être supprimé avant l'arrivée du fil rompu à une distance maxima du sol égale à 2,50 m.*

« 2° D'inviter chacun des concessionnaires par application des prescriptions des articles 25 et 40 du décret du 6 août 1881 et 13 février 1900 et jusqu'à la mise en service d'un dispositif de sécurité prévu au paragraphe 1er ci-dessus, à munir chacune des automotrices circulant sur des lignes à traction électrique par fils aériens, des accessoires suivants, maintenus toujours en bon état : une paire de gants en caoutchouc, un plancher ou tapis isolant, des attelles en bois et de la corde isolante en quantité suffisante pour permettre la fixation des fils rompus.

« J'adopte cette proposition et je vous prie de vouloir bien notifier d'urgence ces prescriptions à chacune des Compagnies intéressées.

« Vous voudrez bien prévenir en même temps chacune de ces mêmes Compagnies intéressées qu'il leur est assigné un délai de trois mois à dater de la notification pour faire connaître le résultat des études prévues par les dispositions du paragraphe 1er de la présente décision et un délai de 15 jours pour l'exécution des mesures indiquées au paragraphe 2.

« Je vous prie de veiller à l'exécution de cette décision en ce qui concerne votre service. »

La résistivité électrique des eaux de Paris. — Depuis quelque temps, le service de surveillance locale des eaux publie dans le *Bulletin municipal officiel*, chaque semaine, les résultats de l'examen bactériologique des eaux et de la mesure de leur résistivité électrique, mais nous ne parvenons pas à comprendre pourquoi ces résistivités sont exprimées en ohms, au lieu de l'être, comme cela est rationnel, en ohms-centimètres?

Nous posons la question au chef du service, M. F. Dienert, qui voudra peut-être y répondre, et modifier son tableau en conséquence, et nous indiquer aussi la *température* à laquelle les mesures sont faites ou rapportées.

Signalons que la plus faible résistivité trouvée pour la semaine comprise entre les 2 et 8 janvier 1905 se rapporte à la source de Pargny-la-Dhuys 2054 ohms-cm (?) et la plus élevée au groupe des sources de l'Avre (source du Chêne) qui s'élève à 3140 ohms-cm (?).

Usines d'électricité de Berlin. — A l'occasion de la vingtième année de la fondation de la Société le rapport de 1903-1904 donne quelques renseignements rétrospectifs. Depuis sa fondation la Société a distribué 26 746 837 fr comme dividendes aux actionnaires, elle a payé 20 958 785 fr d'impôts à la ville de Berlin et consacré 25 566 581 fr à des amortissements. Au début l'on a employé des machines de 110 poncelets, actuellement il y en a qui ont une puissance de 4500 poncelets et prochainement on va faire un appel de fonds pour pouvoir installer un groupe de turbines à vapeur de grande puissance.

La Société possède actuellement plus de 93 chaudières d'une surface de chauffe de 29 623 m², 42 machines à vapeur d'une puissance totale de 68 240 poncelets, 65 dynamos ayant ensemble une puissance de 61 128 kw, 48 convertisseurs ayant une puissance de 33 262 kw et 5193 éléments d'accumulateurs ayant une puissance de 15 939 kw. La Société a distribué l'année dernière à ses actionnaires un dividende de 9,5 pour 100 au lieu de 9 pour 100 l'année précédente. La Compagnie fournit l'énergie nécessaire à la marche des tramways, cette énergie n'a pas augmenté cette année-ci, par contre l'énergie nécessaire pour l'éclairage et les besoins industriels a beaucoup augmenté, la puissance nécessaire pour l'éclairage correspondait au 30 juin 1904 à 530 581 lampes à incandescence, y compris les lampes Nernst, à 22 291 lampes à arc, il y avait 12 953 moteurs branchés ayant une puissance de 37 570 kw ainsi que 1697 appareils divers correspondant à une puissance de 80 643 kw (chauffage, etc). Des 122 799 413 kw-h produits pendant l'année (10 pour 100 de plus que l'année précédente) 52 096 192 ont été distribués à Berlin même et 17 562 827 dans la banlieue, pour le service de l'éclairage et le service de la distribution d'énergie aux particuliers et 53 120 594 kw-h pour les tramways. Le prix de revient de l'énergie (non compris la redevance à la commune) est de 19,86 centimes par kw-h.

Voiture d'arrosage électrique. — On a mis en service à Cologne plusieurs voitures électriques destinées à l'arrosage des rues. Le réservoir de la voiture a une capacité de 10 m³, contre 2 m³ que comportent les réservoirs des voitures à chevaux. D'après les expériences faites, une voiture électrique peut servir pour l'arrosage de 600 000 m² de rues par jour, tandis qu'il faut 5 voitures à chevaux pour produire journellement le même travail. La dépense journalière est de 25 fr pour la voiture électrique et de 12,5 fr pour chaque voiture à chevaux : à travail égal la voiture à accumulateurs procure donc une économie journalière de 37,5 fr.

Un autre avantage est que la voiture à accumulateurs peut être accrochée derrière une voiture de tramways à voyageurs et servir à l'arrosage pendant la course du tramway.

Usine d'incinération des gadoues de Zurich. — Cette usine, qui comporte douze foyers, peut brûler journellement 120 tonnes d'immondices telles qu'elles sont recueillies par les voitures, sans aucune adjonction de combustible. Les voitures qui amènent la gadoue sont déchargées au moyen d'une grue électrique; l'électricité actionne également un énorme ventilateur qui aspire l'air chaud au-dessus des portes de chauffage des fours et le refoule par des carneaux sur les côtés de chaque fourneau. L'air s'échauffe et, après avoir passé à travers les grils de combustion, est recueilli dans un carneau principal. Celui-ci entretenu incandescent par les gaz s'échappant des foyers, conduit ces gaz au bâtiment des chaudières où sont installés actuellement deux chaudières à bouilleurs de 170 m² de surface de chauffe.

La vapeur à 8 kg : cm² provenant des chaudières est surchauffée puis conduite au bâtiment des machines où est installée une turbine Brown Boveri Parsons de 165 poncelets qui conduit un alternateur triphasé de 150 kw, 220 volts, 50 périodes par seconde à 3000 tours par minute. Le foyer est divisé en 12 cellules, dont chacune peut produire une puissance continue d'environ 18 à 20 kw à la génératrice. Quoique le but visé n'ait été que la destruction des gadoues, on est arrivé à réaliser, par le fait, une distribution d'énergie; une partie de cette énergie est utilisée dans l'usine elle-même, le surplus est envoyé après transformation dans le réseau de distribution de la ville. Les scories (qui représentent de 30 à 40 pour 100 des gadoues) peuvent être utilisées; elles se prêtent notamment très bien à la fabrication de briques spéciales.

Le dégel des conduites d'eau par l'électricité. — Il règne parfois en Amérique des froids si considérables que le sol gèle sur une profondeur de 90 cm, de sorte que l'eau peut être congelée dans certaines conduites particulièrement celles des maisons; il en est résulté souvent de graves inconvénients lors d'incendies. Déja en 1899 M. R. Wood, professeur à l'université de Wisconsin, avait montré par des expériences et en

outre par deux applications pratiques en grand, que l'on peut très facilement au moyen du courant électrique, élever la température des tuyaux de manière à faire fondre la glace et cela en quelques minutes et sans aucun danger. En effet, en employant ce procédé, on put deux fois sauver des maisons de l'incendie. Quoique l'eau des tuyaux fût complètement congelée, on put en un quart d'heure amener les conduites à la temperature de 25° de sorte que toute glace avait disparu.

Ce procédé simple n'avait pas cependant été employé de nouveau jusqu'à ces derniers temps, parce qu'on n'avait aucune manière pratique de l'appliquer. L'honneur d'avoir trouvé un mode pratique d'emploi revient à M. W. P. Schwobe, inspecteur général de la Société de gaz et d'électricité de Rutherford (New-Jersey). Sur une voiture traînée par un cheval et desservie par trois hommes sont placés deux transformateurs dans l'huile, abaissant la tension de 2400 v employée dans la ville à 55 v, ainsi qu'une résistance liquide, un ampèremètre, des interrupteurs, etc.... Comme à Rutherford la canalisation électrique est aérienne, le raccord des primaires des transformateurs est rapidement établi. Les bornes secondaires des transformateurs sont reliées, l'une à la canalisation de la maison, l'autre à un branchement. Une minute après que les transformateurs ont été branchés, la température de la conduite commence à s'élever et suivant les cas, de 3 à 20 minutes, en moyenne 10 minutes après, l'eau commence à couler. L'intensité du courant primaire est en moyenne de 9,5 A, et l'intensité dans le secondaire 460 A, la puissance est d'environ 20 kw.

Si on admet une durée moyenne de 10 minutes pour l'opération, la dépense d'énergie est d'environ 3 kw-h; la dépense s'élève à peu près à 3 fr.

Ce procédé a été trouvé si commode qu'on ne l'emploie plus seulement dans les cas d'incendie; pendant les hivers rigoureux un service régulier de plusieurs installations volantes est établi, il est à la disposition des propriétaires de maisons.

Prix de revient des diverses sources lumineuses. — M. le professeur Wedding de Berlin, a fait à la Société des ingénieurs allemands, une conférence sur les dépenses de diverses sources de lumière. Ces dépenses représentent une valeur moyenne de 0,065 . 10^{-8} watt par bougie, ce qui correspond à 88 . 10^{-12} chevaux; ceci montre que l'on a, en pratique, un excessivement mauvais rendement. Comme le dit M. Wedding, si l'éclairage de Berlin, par exemple, comprend 500 000 lampes à incandescence de 25 bougies et 18 000 lampes à arc de 1000 bougies, la puissance nécessaire pour produire ces 30,5 millions de bougies serait de 0,0025 cheval. Un petit enfant en faisant tourner un simple appareil, pourrait assurer l'éclairage d'une telle ville, mais il est vrai que l'appareil manque.

— L'administration de la Ville de Paris a agréé le compteur d'électricité de la Compagnie française des compteurs, système Aron, comme compteur d'induction pour courants alternatifs.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Auxonne. — *Éclairage.* — Tout dernièrement a eu lieu dans cette ville la conférence sur l'éclairage électrique, organisée par MM. Gruère, directeur, et Dumont, ingénieur des Usines bourguignonnes d'électricité. Cette conférence, présidée par M. le maire, avait attiré environ 300 personnes.

M. Dumont, ingénieur, a très clairement exposé l'état actuel de la question à Auxonne; il a ensuite établi un parallèle entre les différents systèmes d'éclairage proposés, et a fait ressortir les immenses avantages de l'électricité : économie, propreté, salubrité, absence de danger d'incendie, etc., que n'offre pas le gaz. D'après le projet proposé par les Usines bourguignonnes, l'éclairage d'Auxonne, à intensité égale, ne coûterait pas plus cher à la ville que celui proposé par le gaz, et les habitants bénéficieraient des avantages de l'électricité; en particulier, les habitants des Granges auraient tout à gagner à l'adoption de l'électricité, puisqu'ils en profiteraient, tandis que jamais ils n'auront le gaz. Le prix de l'énergie pour les particuliers serait de 8 centimes par hectowatt-heure (12 centimes à Dijon), de sorte que ce mode d'éclairage serait à la portée de tous; bien entendu, les fervents du gaz pourraient en continuer l'usage, puisque la canalisation serait conservée et l'usine libre de fonctionner.

Un autre avantage inappréciable : la ville n'ayant pas d'eau, la station électrique pourrait actionner une usine élévatoire à peu de frais.

Tels sont les principaux points traités par le conférencier. Ajoutons seulement ceci :

Comme la ville d'Auxonne ne peut pas se décider à la légère pour tel ou tel mode d'élairage, le conférencier a annoncé que dans un délai très prochain des essais comparatifs seraient faits; l'un des cafés de la ville sera éclairé à l'électricité, et les types de lampes électriques proposés pour l'éclairage des rues seront installés sur un des points les plus fréquentés. L'opinion publique pourra ainsi être éclairée, c'est bien le cas de le dire.

Le Conseil municipal paraissait devoir précipiter son vote et adopter le gaz en principe; aussi, après toutes ces explications, l'un des assistants a pris l'initiative de proposer le vœu suivant qui a été adopté presque à l'unanimité : « Les habitants d'Auxonne, après avoir entendu la conférence faite par M. Dumont, ingénieur, les explications larges et développées qu'il a données, émettent le vœu qu'il y a lieu pour le Conseil municipal de se livrer à une étude approfondie de l'éclairage de la ville à l'électricité ».

De plus, à la suite de différentes questions posées par les assistants au sujet des décisions de la Commission de l'éclairage, l'un des membres de cette Commission a promis de tenir les électeurs au courant des études qui allaient être faites, et de faire connaître d'une façon détaillée les motifs qui feraient adopter soit le gaz soit l'électricité.

En somme cette conférence a démontré une fois de plus que les grosses questions comme l'éclairage et l'alimentation en eau d'une ville demandent une étude très longue, très approfondie et faite sans aucun parti pris si l'on veut agir vraiment pour le bien et l'utilité de tous les intéressés.

Bénévent-l'Abbaye (Creuse). — *Station centrale.* — Il paraîtrait que M. Soumet, ingénieur civil à Brive, vient de traiter avec M. Ducoux, minotier à Marsac, au sujet de la chute d'eau appartenant à ce dernier, nécessaire à l'installation d'une usine électrique destinée à fournir la lumière électrique à la ville de Bénévent.

Nous souhaitons une heureuse réussite à ce projet, l'éclairage de cette ville étant depuis longtemps à l'ordre du jour, et le besoin s'en faisant de plus en plus sentir.

Bergerac (Dordogne). — *Station centrale.* — Aux termes de 18 contrats passés devant Mᵉ Laterrière, notaire à Mouleydier, M. Wenceslas Camille Rechniewski, ingénieur, agissant pour le compte de la Compagnie générale de distribution d'énergie électrique, ayant son siège à Paris, a acquis différents immeubles situés communes de Saint-Capraise et Saint-Aigne, canton de Lalinde.

Ces terrains doivent servir d'emplacement pour la construction d'une très importante usine électrique, dont la force motrice sera fournie par la Dordogne, à Thuilières. Une partie de l'énergie électrique sera employée aux tramways de Bordeaux, mais d'autres industries seront également alimentées par la même usine : éclairage de villes, tramways, etc., dont nous ferons connaître les détails prochainement.

Les terrains acquis ont une superficie de 13 285 m² environ et touchent les bords de la Dordogne. Le prix de ces terrains a coûté 25 382 fr.

Les premiers travaux, dont les plans sont entièrement dressés, commenceront très prochainement, après les grands froids, vers le printemps.

Lyon. — *Transmission d'énergie.* — La Société grenobloise de force et de lumière a décidé d'établir une transmission d'énergie entre Moutiers (Tarentaise) et Lyon, destinée à actionner les tramways électriques de cette dernière ville, dont les dynamos sont actuellement commandées par les machines à vapeur. La Compagnie de l'industrie électrique et mécanique de Genève vient d'être chargée par la Société grenobloise de la fourniture de l'équipement électrique complet de l'usine génératrice de Moutiers qui comprendra 4 paires de dynamos doubles avec accessoires, et aussi de l'équipement de l'usine réceptrice qui sera située à Lyon même, et comprendra cinq groupes de moteurs doubles avec tous leurs accessoires.

Il s'agit de transmettre une puissance hydraulique de 4720 poncelets à la distance de 180 km, laquelle n'a encore jamais été atteinte, du moins en Europe dont ce sera, par conséquent, le plus long transport d'énergie. Pour résoudre ce problème, la préférence a été donnée au système à courant continu à très haute tension dit système série, qui a déjà trouvé son application dans de nombreuses installations, en dernier lieu pour la transmission de force motrice de Saint-Maurice (Valais) à Lausanne (58 km) où il a donné les meilleurs résultats. Son principal avantage réside dans l'économie qu'il permet de réaliser dans l'établissement de la ligne.

Entre Saint-Maurice et Lausanne, la tension maxima atteint 22 000 volts, tandis qu'entre Moutiers et Lyon, elle ira jusqu'à 56 960 volts lorsque les usines travailleront à pleine charge. Cette tension sera également la plus élevée qui ait été atteinte jusqu'à présent en Europe, et permettra de transmettre cette puissance à la distance de 180 km au moyen de deux simples fils de cuivre de 9 mm de diamètre.

A l'entrée à Lyon qui se fera par deux câbles souterrains très fortement isolés et armés, la tension sera encore de 50 000 volts.

Olliergues. — *Éclairage.* — Réunis en séance extraordinaire il y a quelques jours, les conseillers municipaux de cette ville ont définitivement terminé l'étude de l'éclairage électrique après explications nécessaires entre certains conseillers et le concessionnaire.

Tergnier. — *Traction électrique.* — Par un vote récent du Conseil général de l'Aisne, le tramway électrique projeté depuis plusieurs années entre Tergnier, Saint-Gobain et Anisy doit entrer prochainement dans la voie d'exécution.

Le mode de traction sera électrique, par fil aérien et trolley.

L'usine qui doit fournir le courant nécessaire à la traction sera en mesure de distribuer aux localités desservies par le tramway, l'énergie électrique pour l'éclairage et la force motrice.

Vallières (Haute-Savoie). — *Projet de station centrale.* — Tout dernièrement M. Millet ingénieur des ponts et chaussées a procédé sur les lieux à l'instruction de la demande présentée par MM. Barut et Rippert pour obtenir l'autorisation de dériver les eaux du Fier au lieu dit « Sous-Merluz » territoire, des communes d'Hauteville et de Vallières.

Les demandeurs ont l'intention d'établir à cet endroit une usine hydraulico-électrique.

ÉTRANGER

Caffaro (Italie). — *Station centrale.* — Les nombreuses chutes d'eau que l'Italie possède au sud des Alpes sont utilisées de plus en plus pour l'établissement d'installations de force motrice et de lumière. Une des plus grandes de ces installations est en construction dans la province de Brescia à Caffaro, près de la frontière austro-italienne. La station centrale, équipée avec des machines de 1850 kw, est prévue pour une puissance de 9200 kw. La ligne principale desservant Brescia a une longueur de 50 km et sera alimentée sous une tension de 40 000 volts. Une sous-station de 2400 kw assurera l'exploitation d'une fabrique électro-chimique.

Rotterdam (Hollande). — *Station centrale.* — Parmi les grandes centrales européennes, il en est peu d'aussi dignes d'attention que celle de Rotterdam dans les Pays-Bas, quoiqu'elle soit assez peu connue. Cette centrale, destinée à fournir l'énergie pour l'éclairage de la ville et la commande des nombreuses grues du port, est établie d'après le système à 5 conducteurs dû à Siemens et Halske.

La chaufferie comporte deux chaudières tubulaires E. Willmann d'une surface de chauffe de 220 m² chacune. Elles sont construites pour une pression de 13 kg par cm². Une troisième chaudière de 200 m² de surface de chauffe a été peu après annexée. L'eau est fournie par deux pompes pouvant donner 4000 litres par heure actionnées par la machine de condensation.

La réserve est constituée par une pompe Worthington pouvant fournir 6000 litres par heure.

La salle des machines comporte deux machines Willans de 125 poncelets à 350 tours par minute. Chaque machine est pourvue de deux séries de 3 cylindres superposés. Elles sont à simple effet.

A ces machines sont couplées directement des dynamos de 112 kw sous une tension de 500 à 700 volts.

Une troisième machine à vapeur d'environ 200 poncelets est accouplée avec une dynamo de 175 kw.

Enfin, on a installé récemment deux machines à vapeur Willans respectivement de 200 et 375 poncelets couplées directement à des dynamos shunt de 500 à 700 volts,

Le tableau de distribution est placé sur une galerie d'où on domine toutes les machines. Il a fallu tenir compte des conditions spéciales où se trouvent les deux sous-stations dépendant de la centrale principale.

La première, dite sous-station *A* fonctionne, en effet, principalement le soir; l'autre, la sous-station *B*, fonctionne le jour; l'une sert surtout à l'éclairage, l'autre à la force motrice des grues du port.

La sous-station *A* est à 1900 m de la station centrale; elle comporte, outre la batterie et les appareils de mesure et de distribution, deux dynamos doubles servant à régler le courant de charge, ou bien, couplées entre elles, desservant au cas de refus de la batterie, la distribution à 5 fils.

La sous-station *B* est identique comme plan. Elle est à 3100 m de la station centrale et sur la rive gauche de la Meuse, tandis que la sous-station *A* est sur la rive droite. Le nombre de grues desservies est de 25 comportant 46 électromoteurs. Le nombre total de lampes de 16 bougies est de 14 400, celui des électromoteurs de 141 représentant une puissance totale de 1150 kw.

LE RÉGIME FUTUR DE L'ÉLECTRICITÉ A PARIS

L'Industrie électrique a déjà publié un certain nombre de documents et articles sur la question — si importante pour le public — du futur régime de l'électricité à Paris. Voulez-vous me permettre de solliciter l'hospitalité de vos colonnes pour exposer à vos lecteurs les observations que paraît suggérer un examen impartial de la situation?

Sur la demande même de la Commission technique, M. le Directeur des Travaux de Paris a invité, le 31 octobre 1904, les Secteurs à lui faire connaître le résultat de leurs études « qui devraient porter sur les moyens à employer pour doter Paris d'une organisation aussi parfaite que le permet l'état de l'industrie ».

Pour quiconque connaît bien la question, il est parfaitement certain que, à Paris, au moins, le problème ne saurait se poser dans des termes aussi simples ni aussi impératifs. Autre chose est d'établir un programme idéal pour la distribution de l'énergie électrique dans une ville où rien n'existe encore ou bien dans une ville dont les accroissements prodigieux — comme telles cités d'Amérique — justifient et imposent pour ainsi dire tous les dix ans la transformation des services publics; autre chose est d'avoir affaire à une ville comme Paris constituée par de longs siècles et où il est impossible de ne point tenir un compte raisonné des installations existantes. En d'autres termes, ce n'est pas d'une conception théorique qu'il faut partir, pour en imposer l'acceptation aux besoins publics, c'est ceux-ci qu'il faut prendre comme base pour étudier un projet y donnant à la fois la plus grande satisfaction et la moindre gêne possibles. Prenons un exemple pour bien préciser notre pensée. Depuis de longues années le problème des moyens de transport à Paris se trouve posé devant l'opinion et les pouvoirs publics. La solution logique consistait à faire table rase de tout, et, par voie de rachat ou déchéance, rien n'était — théoriquement — plus simple, puis à constituer tout un nouveau réseau, ici le Métropolitain, là le tramway, ailleurs l'omnibus. Nul n'a jamais songé à procéder ainsi, et en Amérique, le pays des décisions radicales, on n'a pas agi autrement, ainsi que le prouve topiquement l'exemple de New-York. La Ville de Paris elle-même, dans la question du gaz, n'a-t-elle pas renoncé à la conception — théoriquement supérieure — de la suppression de « toutes les vieilles usines » et à la centralisation de la production dans 2 ou 3 usines « modernes »? Ce sont les usines actuelles qui serviront, ce sont les canalisations actuelles — si critiquées! — qui seront utilisées soit en régie soit par concession, et on laissera au temps le soin de réaliser les suppressions, transformations, etc., nécessitées par l'intérêt de l'exploitation.

Est-ce à dire qu'il faille conserver des installations surannées? Nullement. Mais le sont-elles toutes et dans quelle mesure? Croit-on que ceux qui ont la responsabilité d'une exploitation — que ce soient les représentants de la Ville ou ceux d'une Compagnie — ne sauront pas en temps utile condamner ce qui doit être condamné, conserver ce qui peut être conservé? Mais les faits sont là pour en fournir la preuve dans l'industrie parisienne même. Cette industrie est d'hier, puisqu'aucune usine n'a plus de 14 ans d'exploitation. Nul d'ailleurs ne défend plus le régime des concessions à courtes durées instituées à Paris, la clause de rachat donnant toujours à une Municipalité la faculté d'organiser les choses autrement, si elle en reconnaît la convenance. Et cependant on a vu les Secteurs, sous la pression de leur intérêt même, ne point reculer devant des dépenses considérables, ici pour refaire complètement les canalisations, là pour supprimer des usines anti-économiques. C'est hier que le Secteur Clichy commençait à reporter et reporte de plus en plus sa production sur l'usine du Triphasé; c'est hier que le Secteur Edison installait sa nouvelle usine de Saint-Denis. Et c'est en ce moment que le Secteur de la Rive Gauche achève le changement de 10 alternateurs — qui n'avaient que quelques années de service!

Ces transformations réaliseront-elles l'organisation parfaite que la Ville a en vue? Évidemment non. Mais la perfection n'a en Industrie aucune valeur absolue. Ce n'est même pas une asymptote dont on s'approche sans la jamais atteindre. C'est l'état d'un moment, et ce n'est pas celui du lendemain. Dans une étude détaillée publiée ici-même — et dont, par parenthèse, les évaluations sont inacceptables — l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* préconise, pour la production, le courant triphasé et les unités (turbo-vapeur) de 15000 kw. Que l'on puisse arriver ainsi à une production économique, cela n'est pas douteux. Cependant, en ce qui concerne la nature du courant, voici que les recherches les plus récentes tendent à établir — grâce aux moteurs à collecteur — la supériorité du courant alternatif simple, même pour la traction. Et d'autre part si, comme il est probable, on réalise la turbine à gaz de grande puissance, elle s'imposera sans nul doute au point de vue économique, même en comparaison de turbo-vapeurs de 15000 kw, puissance qui, cela est essentiel à noter, n'a jamais été atteinte (tant s'en faut), ce qui rendrait souverainement imprudent de baser sur le choix de telles unités tout le fonctionnement de la distribution de l'énergie électrique à Paris tant pour les Tramways — et même le Métropolitain — que pour l'éclairage et la force motrice.

Car tel est le but — qui en accentue le caractère de rêverie grandiose — que vise l'étude ci-dessus rappelée. L'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*, poursuivant avec raison — c'est son rôle — l'éventualité d'énormes fournitures industrielles, fait table rase, comme il a été déjà dit, de la presque totalité des installations des Secteurs (production et distribution), voire même des installations du public (puisqu'on préconise l'emploi du 220 volts) et envisage en outre l'annulation de tous les contrats existants (par exemple en ce qui concerne les Tramways), la disparition de toutes les usines particulières, etc. C'est

un beau rêve évidemment; c'est, comme on dit, la solution élégante (¹). Mais ce n'est, ce ne peut être qu'un rêve. Et la plus forte critique qu'on y puisse faire, c'est encore de constater qu'on élargit ainsi démesurément — et sans besoin — un problème dont la solution restreinte — à savoir le régime des Secteurs à Paris — présente déjà bien assez de difficultés.

La plupart des erreurs du genre de celle commise par l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* résultent d'une connaissance imparfaite du problème à résoudre, ou d'une méconnaissance de son étendue. Il ne s'agit pas du tout de savoir ce qu'il y aurait lieu de faire pour distribuer l'énergie sous la forme exclusive de l'électricité dans une ville de 3 millions d'habitants où n'existeraient encore ni usines, ni canalisations, ni contrats. Le problème se restreint à ceci : il y a quelque dix ou quinze ans la Ville de Paris a concédé à six Compagnies — sans parler du réseau municipal — la distribution de l'énergie électrique; des usines ont été construites et, d'année en année, suivant les progrès de l'industrie, développées, transformées, voire même supprimées et remplacées par d'autres; des canalisations ont été établies, souvent même refaites dès que le besoin s'en imposait, et atteignent présentement pour l'ensemble des six Compagnies quelque 700 km (²) qui — point essentiel à noter — reviennent gratuitement à la Ville de Paris à l'expiration des concessions. Or voici que l'on approche plus ou moins de cette date d'expiration : 1907 pour 4 Compagnies; 1908 pour une 5ᵉ; 1912 pour le Secteur de la Rive Gauche. A quel régime faut-il ultérieurement soumettre la distribution de l'électricité dans Paris? Voilà tout le problème.

Un premier point à bien définir vis-à-vis de telles questions, c'est l'idée ou les idées directrices. On ne s'arrêtera pas ici au débat de principe entre la Régie et la Concession. On entend bien que les Compagnies ne sauraient être favorables qu'à la seconde formule. Et il semble bien que les objections maintes fois développées contre le système de la Régie à propos du gaz, industrie « faite », si l'on peut ainsi parler, aient plus de valeur encore à propos de l'électricité, industrie naissante, en transformation constante, et où les sacrifices que les progrès de la science peuvent imposer chaque année sont parfaitement incompatibles avec le formalisme administratif. Si, malgré ces objections — qui se traduisent en fait par une exploitation peu économique — la Ville se décide néanmoins pour la Régie, elle entrera en possession à des dates différentes mais assez rapprochées pour les divers Secteurs — sauf la Rive Gauche — de l'ensemble des canalisations sous voies publiques, et les questions qui se poseront au point de vue technique seront les suivantes :

1° Conservation ou unification plus ou moins complète des systèmes de distribution existants, c'est-à-dire des dits réseaux;

2° Rachat, si on entend les utiliser avec ou sans modification, de tout ou partie des usines existantes;

3° Dans le cas contraire, installation de nouvelles usines ou bien traité de fourniture de courant avec un tiers ou avec des tiers;

4° Rachat, suivant la mesure où on entend les utiliser, des branchements, colonnes montantes, sous-stations, transformateurs, compteurs, etc., appartenant aux Secteurs.

Si au contraire, en une forme ou en une autre, la Ville traite avec les Secteurs, on peut compter que leur intérêt même les amènera, le cas échéant, soit à modifier leurs systèmes de distribution, soit à recourir à des modes de production plus économiques, séparément ou par voie d'entente entre eux ou avec des tiers. Mais, du moins, ces modifications, si l'intérêt les commande, se feront progressivement, par sections, sans aucun arrêt dans le service d'aucun des abonnés, tandis qu'il n'en saurait être de même si la Ville, décidée à exploiter en Régie et entrant dans la voie où la convie l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*, renonçait à acquérir et utiliser, fût-ce provisoirement, les organes actuels de production. Cette décision en effet ne saurait intervenir avant un certain nombre de mois, de sorte que le temps matériel pour la construction de nouvelles usines et, au besoin, la modification de certains systèmes de distribution ferait absolument défaut, vu la date d'expiration des concessions de quatre des Secteurs.

Par conséquent, sans même envisager la réalisation du vaste et utopique programme de l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*, les propositions plus restreintes présentées par l'honorable M. Lauriol à la séance de la Commission du 24 octobre et tendant à la construction d'une usine unique de 70 000 kw au Landy semblent bien n'avoir aucun caractère pratique effectif. On se heurte, si l'on veut changer le système de distribution, à une impossibilité absolue d'être prêt à temps et, en outre, à d'inévitables et longs arrêts dans la distribution. Et si l'on conserve — c'est l'une des hypothèses envisagées par M. Lauriol — les modes de distribution existants (sauf modifications restreintes), c'est-à-dire, au fond, si l'on ne se résigne pas à sacrifier inutilement les 20 000 000 de fr (évaluation de M. Lauriol) des canalisations actuelles, qui vont devenir gratuitement la propriété de la Ville, l'impossibilité n'en subsiste pas moins, car, à supposer qu'on eût le temps matériel pour construire une nouvelle usine, on ne la saurait entreprendre, faute des ressources nécessaires, celles-ci ne pouvant être obtenues que par un emprunt.

Il n'y a donc pas à se le dissimuler, et toute autre allégation ne saurait être qu'un trompe-l'œil et ne peut exposer qu'à des déceptions. Tout projet d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris est condamné à l'avortement s'il repose sur la non-utilisation des usines actuelles et sur l'établissement d'une ou plusieurs stations

(¹) Dans cet ordre d'idées, on peut même avantageusement reporter la production de l'énergie sur les bassins houillers mêmes, puisque les chutes d'eau sont trop loin de Paris.

(²) Le chiffre de 600 km indiqué à la Commission est inexact.



centrales plus « modernes » ; à fortiori en est-il ainsi si, en outre, on veut modifier plus ou moins complètement le système de distribution. Les conceptions théoriques, pour si satisfaisantes qu'elles semblent à l'esprit, n'ont rien à voir avec l'industrie, qui doit tenir un compte exact des situations existantes, des besoins à desservir, du temps et de l'argent. Ce n'est que pour les périmètres correspondant aux Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive Gauche (concession expirant pour celui-ci en 1912 et non en 1908) que — peut-être — on pourrait entrer dans la voie idéale envisagée par les projets de M. Lauriol et de l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*. Mais il se trouve précisément que, eu égard aux besoins à desservir, le représentant de l'Administration ne critique, en ce qui concerne cette dernière Compagnie, ni son système de distribution ni son usine, sauf à estimer qu'il pourra être ultérieurement avantageux d'avoir une seconde Centrale sur le terrain que possède cette Compagnie à Ivry et qu'acquerrait la Ville.

Par conséquent c'est en prenant comme base l'utilisation et des usines actuelles et des canalisations actuelles que l'on doit étudier l'organisation du régime futur de l'électricité à Paris. Les exploitants futurs, Ville ou Compagnies, pourront plus tard — comme n'ont cessé de le faire les Secteurs — améliorer, modifier, changer même leurs systèmes de production, en tenant compte et des besoins et des progrès constants de la Science. Mais ce serait méconnaître complètement les possibilités de l'industrie que de vouloir faire table rase du passé et du présent, passé et présent qui, en définitive, et sauf sur un seul point, la question des tarifs dont il sera parlé tout à l'heure, ont donné et donnent satisfaction complète à 40 000 abonnés représentant 2 200 000 lampes de 10 bougies.

Ainsi — quant à présent au moins — pas d'usine nouvelle; utilisation par la Ville des canalisations qui lui reviendront respectivement en 1907, en 1908 et en 1912; utilisation des usines et sous-stations actuelles qui devront par suite être acquises par la Ville, ainsi d'ailleurs que presque tout le surplus de l'actif des Compagnies. Ces instruments arrivés en mains des exploitants futurs pourront et devront être perfectionnés et transformés, au besoin avec le concours de tiers, mais du moins on aura évité tous mécomptes, toute interruption et l'on n'aura pas englouti 70 ou 80 millions dans une usine qui, suivant les probabilités actuelles, aurait chance d'être surannée dans un temps assez court pour ne permettre ni d'en amortir les dépenses, ni même de bénéficier suffisamment de l'économie de son prix de revient de l'énergie.

Ce principe posé, il n'en reste pas moins que l'exploitation future peut être effectuée soit par la Ville soit par des Compagnies fermières ou concessionnaires. Deux questions sont à examiner à ce sujet, celle des voies et moyens, celle des tarifs.

Si la Ville entend dans l'avenir exploiter en Régie directe ou avec interposition de Sociétés fermières, — dont le nombre serait à fixer — elle n'en aura pas moins dans l'un comme dans l'autre cas à racheter la totalité ou la presque totalité de l'actif des Compagnies actuelles, déduction faite des canalisations sous rues. Cela représente d'après les derniers bilans des Compagnies environ 100 millions, sans parler des installations en cours ou de celles à exécuter d'ici à l'expiration des concessions. Ce chiffre d'ailleurs ne semble pouvoir être frappé d'aucune dépréciation, tant parce que les Compagnies ont naturellement maintenu en bon état tout leur matériel que parce qu'il est assez légitime de tenir compte de la convenance pour la Ville. Or c'est là un gros chiffre, imposant bien entendu un emprunt avec toutes ses lenteurs et ses délais d'autorisation et de réalisation — emprunt que d'ailleurs ne conseille peut-être pas la situation financière même de la Ville. Par conséquent celle-ci semble avoir tout intérêt à éviter cette obligation et, sans formalités législatives ni aléas, à traiter avec les Compagnies en renouvelant purement et simplement leurs concessions, sauf conditions à débattre.

D'autre part il y a la question des tarifs. Je sais que les Secteurs ont été accusés de pratiquer à cet égard le plus large arbitraire. Et je sais aussi que les Administrations publiques sont assez simplistes et trop portées à vouloir soumettre à un régime uniforme les cas les plus différents. L'accusation précitée est complètement denuée de fondement. Sans doute les tarifs pratiqués varient plus ou moins suivant les secteurs dont les clientèles sont d'ailleurs fort différentes. Mais la conception d'un tarif unique ne peut résulter que d'une méconnaissance absolue de l'industrie électrique et d'un rapprochement inexact avec l'industrie du gaz. Dans celle-ci les usines productrices travaillent durant les 24 heures à charge constante, le gaz étant au fur et à mesure emmagasiné — sans déperdition sensible — dans les gazomètres pour être ensuite livré aux heures de la demande. L'horaire d'utilisation n'importe donc en rien, si ce n'est en ce qui concerne les dimensions des gazomètres et les sections des conduites. C'est la quantité consommée qui est tout et par suite le tarif unique se légitime de lui-même. Il en va tout autrement pour l'électricité. Ou bien la production doit suivre exactement la demande, dussent certaines unités des usines ne marcher qu'une heure ou deux par jour — sans parler des réserves — ou bien, dans les secteurs à courant continu, on passe par l'intermédiaire de batteries d'accumulateurs, chargées le jour, débitant le soir, mais qui, au prix de dépenses considérables de toutes sortes, ne rendent que les 2/3 de ce qu'elles reçoivent. L*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* a, à cet égard, annexé à son avant-projet un graphique des plus probants. Par conséquent et sans qu'il soit besoin d'insister davantage, il est évident que, pour l'électricité et spécialement dans le cas du courant alternatif, le seul tarif rationnel, c'est le tarif proportionnel — ou à peu près — à l'horaire d'utilisation. Jusqu'à présent les secteurs parisiens, soumis à la seule obligation du maximum de 15 centimes par hectowatt-heure, ont fixé les tarifs des

polices par la libre discussion entre l'offre et la demande et en tenant compte — de par une expérience qu'on ne leur contestera pas — de l'horaire probable à prévoir ou même à garantir. Il n'y a évidemment là aucun arbitraire. Mais on peut tirer de ces considérations un argument topique contre la régie. Car quelle sera la gêne du fonctionnaire chargé de procéder à cette discussion qui s'impose pour ainsi dire dans chaque cas? On comprend fort bien — et encore! — qu'un agent municipal établisse une police d'abonnement au gaz, son prix étant uniforme. On ne comprend guère qu'il puisse disposer de la liberté nécessaire pour pratiquer un tarif variable suivant un horaire qu'il sera chargé d'apprécier. Sans doute on peut établir des catégorisations de tarifs — et il n'est guère douteux qu'il en doive être ainsi dorénavant, même en cas de concession; — mais, si strictes soient-elles, il subsistera toujours une large marge d'appréciation difficilement compatible — ceci sans critique aucune — avec le caractère d'un fonctionnaire.

Par conséquent, tant au point de vue des voies et moyens qu'au point de vue des tarifs, il apparaît certain que l'intérêt commun et de la Ville et des consommateurs est plutôt contraire à la régie directe et favorable au système de la concession. Reste à en fixer les conditions.

Le Cahier des charges des concessions actuelles a été fortement critiqué de part et d'autre, peut-être avec quelque exagération. Il est certain toutefois qu'il présente deux défauts essentiels, solidaires d'ailleurs l'un de l'autre : d'un côté, la trop courte durée de concession, d'autre côté le tarif (maximum) trop élevé. Mais, hors ces deux vices incontestables — et encore faut-il reconnaître que plusieurs des secteurs sont déjà entrés largement dans la voie des abaissements de tarifs, — il semble que ce Cahier des charges puisse être pris comme base du régime futur — dans l'hypothèse de la concession — sauf modifications dont les principales porteraient sur la durée, les tarifs, les redevances, le régime du personnel et la propriété de l'actif des compagnies.

En résumé, si un nouvel accord intervenait entre la Ville et les Compagnies actuelles (où certaines fusions sont d'ailleurs possibles) sur des bases à débattre équitablement, il en résulterait les conséquences, on peut dire les avantages ci-après :

Maintien de systèmes de production et de distribution qui, en définitive, ont fait leurs preuves;

Élimination de projets théoriques grandioses, reposant sur des conceptions inexactes et sur des calculs faux et présentant en tout cas comme définitives des solutions qui, dans dix ans, seront certainement surannées;

Suppression de tout emprunt municipal;

Augmentation des redevances pour la Ville;

Propriété, en fin des nouvelles concessions, d'installations, matériel, etc., qui, même dépréciés, représenteront une valeur considérable;

Réduction vraisemblablement de 35 à 50 pour 100 des prix maxima de l'énergie électrique pour le public;

Développement considérable, sans aucun aléa pour la Ville, de l'emploi de l'électricité dans Paris;

Amélioration du sort du personnel.

Tout cela, semble-t-il, vaut bien qu'on le compte — et qu'on renonce au principe d'une régie qui, même admise pour le gaz, industrie « faite », ne saurait se justifier pour l'électricité, industrie encore en pleine période de transformation.

Il convient d'ailleurs, en terminant, de faire justice de certains chiffres jetés dans le débat par les documents publiés ou par les demandes aventureuses de certains chercheurs de concessions, chiffres que le public et l'Administration municipale peuvent naturellement retenir et dont il est facile de démontrer l'inexactitude absolue. Des usines « modernes », a-t-on dit, permettent d'abaisser considérablement le prix de production de l'usine. Cela est vrai, mais en définitive tout se ramène au prix de revient de l'énergie distribuée, c'est-à-dire chez l'abonné. Or, à cet égard, les divers modes de production conduisent, en fait, à Paris, à des résultats à peu près identiques — et qui démontrent, par parenthèse, combien sont illusoires les avantages que l'on espère retirer de l'établissement de Centrales dites « modernes ». Évidemment le prix de revient à l'usine est fonction et de ses dispositions techniques et de l'horaire d'utilisation chez les abonnés. Mais ce prix A une fois obtenu, il est grevé, avant d'arriver aux compteurs, de charges (pertes en lignes, dépenses de canalisation, frais généraux, redevances municipales....) tout à fait indépendantes, notamment, de la puissance des unités. Et, en fait, dans tous les Secteurs parisiens, le prix de revient A de l'énergie produite — c'est-à-dire à l'usine — ne représente guère plus du quart du prix de revient B de l'énergie rendue — c'est-à-dire chez l'abonné. Précisons par un exemple. Soit un Secteur où l'énergie produite revient, en moyenne, à 10 centimes par kw-h; l'énergie rendue reviendra à 35 ou 38 centimes le kw-h. Et, si on abaisse de moitié, c'est-à-dire à 5 centimes, le prix du kw-h produit, le prix du kw-h rendu — c'est-à-dire celui qui doit servir de base au prix de vente — sera simplement abaissé à 30 ou 33 centimes. C'est donc une grave erreur de croire que la réduction du prix de revient à l'usine peut permettre de réduire le prix de vente dans la même proportion.

Y.

LES COURANTS DE FOUCAULT

ET LEURS APPLICATIONS

(SUITE[1].)

IV. Applications. — *Inducteurs de machine dynamo-électrique.* — On sait, par les essais oscillographiques, que, dans certaines conditions, le courant excitateur

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 313, du 10 janvier 1905, p. 5.

d'une dynamo subit des variations périodiques d'amplitude appréciables. Ce fait s'observe sur les dynamos ordinaires dès que le calage des balais n'est plus très exact; ou encore si le centrage de l'induit n'est pas absolument parfait. M. Thornton, qui a étudié ces variations [1], a pu obtenir, dans des conditions un peu artificielles, il est vrai, une amplitude allant jusqu'à 10 à 15 pour 100 de la valeur moyenne du courant d'excitation. Il a cru pouvoir conclure de ses essais que les noyaux d'inducteurs et, en général, les parties massives des carcasses de dynamos sont normalement le siège de courants de Foucault importants, capables d'une influence très notable sur le rendement de la machine. Il en concluait aussi l'utilité de la subdivision des inducteurs (pratique déjà ancienne au moins sur les alternateurs), et de l'emploi d'amortisseurs aussi bien sur les machines continues que sur les alternateurs. Il importe de voir si ces conclusions sont bien exactes.

Appliquons les calculs précédents à un cas particulier tel que celui de la dynamo à quatre pôles décrite dans l'ouvrage de M. Guilbert, *les Générateurs d'électricité*, page 601. L'inducteur comporte 4 noyaux circulaires de 24 cm de diamètre et 19 cm de hauteur, portant chacun 1500 spires. Le courant excitateur en charge est de 4,7 ampères. L'induction y est de 12 000; la perméabilité à faire intervenir, pour les variations autour de cette moyenne est non $\frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}}$, mais bien $\frac{d\mathcal{B}}{d\mathcal{H}}$ pour le point $\mathcal{B} = 12\,000$, et qui donne ici $\mu = 500$. Supposons que la fréquence soit de 50, ce qu'elle serait pour le fonctionnement en convertisseur par exemple, et que l'amplitude de la variation soit de 0,05 de la valeur moyenne. On a :

$$\text{Valeur moyenne } \frac{1500 \,.\, 4,7}{19} = 370 \text{ A : cm.}$$

$$\text{Amplitude de la variation, en C.G.S.} = 0,05 \,.\, 37 = 1,85.$$

$$\text{Valeur de } m = 2\pi \sqrt{\frac{\mu f}{\rho}} = 2\pi \sqrt{\frac{500 \,.\, 50}{10^4}} = 9,9.$$

La formule (13) est applicable, et donne

$$\frac{P}{S} = (1,85)^2 \,.\, 10^4 \,.\, 9,9 = 3,4 \,.\, 10^5 = 0,03 \text{ watt : cm}^2.$$

De la surface extérieure totale, la moitié seulement est à compter pour S, car l'intégration de $-h$ à $+h$ atteint les deux surfaces parallèles, et la dissipation est rapportée à la surface de chacune d'elles. D'autre part, il convient de porter fictivement la hauteur de 19 à 24 cm pour tenir compte des courants induits dans la partie de la culasse qui se trouve au voisinage du fil.

On a donc :

$$S = \frac{1}{2}\pi \,.\, 24 \,.\, 24 = 905 \text{ cm}^2.$$

[1] *Institution of Electrical Engineers*, 1902, p. 373 et 1903, p. 538.

D'où $P = 572 \,.\, 905 = 517\,000$ ergs par seconde par noyau.

Soit $2,07 \,.\, 10^7$ pour la carcasse entière, ou 2 watts.

Cette dissipation est absolument négligeable; et l'on obtiendra des chiffres absolument du même ordre pour toutes les applications analogues. Si l'on remarque que l'amplitude de variation de 0,05 de la valeur moyenne du courant excitateur est déjà une valeur exceptionnelle, on en déduira que cette cause de perte est véritablement négligeable, au moins dans ces conditions.

La recommandation de M. Thornton, qu'il conviendrait, pour la diminuer, de construire en tôles le noyau inducteur, est donc au moins superflue. Il y a plus; elle est contraire à la vérité, et on n'arriverait ainsi qu'à augmenter ces pertes.

En effet, dans le sens parallèle à la subdivision, les courants de Foucault seraient considérablement augmentés, car la perte se reproduirait alors à chaque surface terminale; c'est-à-dire qu'elle serait multipliée par le nombre de tôles. La perte unitaire serait bien diminuée à condition d'atteindre une finesse suffisante de la subdivision; mais la dissipation totale ne serait pas moins très supérieure à celle du noyau massif, dans les conditions usuelles de la construction.

Il en résulte cette conclusion d'apparence paradoxale qu'il est nuisible de constituer un noyau magnétique au moyen de tôles, lorsque le courant inducteur doit subir une variation *imposée* de grande amplitude. (Il ne faut pas confondre ce cas particulier avec celui d'un noyau de transformateur, où il s'agit de faire passer un flux déterminé, mais où la variation de la force magnétomotrice n'est pas de grandeur imposée). L'étude du noyau magnétique subdivisé a été faite par M. Field; elle conduit à quelques conséquences assez intéressantes : notamment qu'il existe une épaisseur critique donnant un maximum de dissipation. Mais les applications de cette étude sont trop restreintes pour qu'il soit utile de la développer ici.

Ce qu'il importe de retenir est que, dans les conditions énoncées ci-dessus, la couche superficielle forme un écran complet pour les couches profondes; la variation du courant excitateur est compensée par les courants de Foucault, de telle sorte que le flux émanant du noyau magnétique reste constant, et ne subit pas les variations du courant excitateur. Le cas de la coupure en charge d'un circuit d'excitation est une chose toute différente sur laquelle on reviendra plus loin.

Induit de machine dynamo-électrique. — Les conditions d'un induit sont toutes différentes de celles d'un inducteur. Il faut ici, en premier lieu, obtenir la circulation d'un flux déterminé, donnant lieu à une induction alternative du fer induit, et, secondement, obtenir ce flux avec la moindre dissipation possible. La division du fer induit n'a donc pas seulement pour but, comme on le dit souvent, de diminuer la dissipation par courants de Foucault; elle est aussi une nécessité pour obtenir la valeur

nécessaire du flux sans arriver à une induction locale exagérément élevée.

Pour une lame d'épaisseur donnée et fonctionnant dans des conditions également données, la valeur du produit $2mh$ est connue et la répartition interne des valeurs maxima de l'induction $\mathcal{B}$ suit une loi de la même forme générale que celle de $\mathcal{H}$. Selon la valeur de $2mh$, la courbe figurative sera comprise entre *abc* et *a'b'c'* par exemple (fig. 6). Il est apparent que la première don-

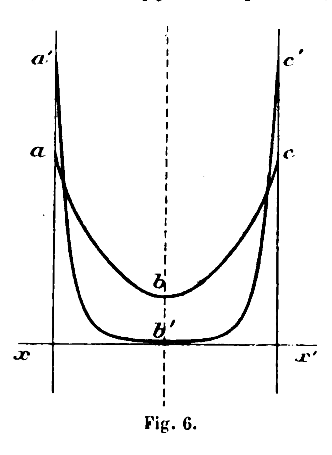


Fig. 6.

nera lieu à une induction maxima beaucoup moindre que la seconde, tout en donnant un flux total plus élevé.

Les courbes de $\mathcal{B}_{max}$ en fonction de la profondeur x pourraient se tracer facilement (dans l'hypothèse de μ constant), en utilisant le diagramme ci-dessus (fig. 6). Mais ces courbes ne pourraient pas être utilisées pour la détermination, par intégration graphique, du flux moyen, parce que ces valeurs maxima, comme on l'a vu, ne sont pas simultanées. Il existe entre elles un décalage dans le temps ou déphasage, tel que le signe en est inversé chaque fois qu'on a franchi une profondeur $\frac{\pi}{m}$. Il est donc plus simple d'opérer par le calcul.

Soit donc $\mathcal{B}_m$ la valeur maxima instantanée de l'induction moyenne cherchée. Par définition :

$$\frac{\mathcal{B}_m}{\mu} \cos(\omega t + \alpha) \,.\, 2h = \int_{-h}^{+h} \mathcal{H}_x \,.\, dx.$$

En substituant à $\mathcal{H}_x$ la valeur (7') précédemment trouvée, on obtient :

$$\mathcal{B}^2_m = \frac{2\mu^2}{4m^2h^2} \mathcal{H}^2_s \frac{\cosh 2mh - \cos 2mh}{\cosh 2mh + \cos 2mh}. \qquad (14)$$

Enfin, on a facilement une indication de la valeur du rapport de l'induction moyenne à celle à la surface $\mathcal{B}_s$, en admettant que $\mu\mathcal{H}_s = \mathcal{B}_s$, ce qui donne :

$$\frac{\mathcal{B}^2_m}{\mathcal{B}^2_s} = \frac{2}{(2mh)^2} \frac{\cosh 2mh - \cos 2mh}{\cosh 2mh + \cos 2mh}$$

dont la valeur est aisément calculable, soit par le développement en série :

$$\frac{\mathcal{B}^2_m}{\mathcal{B}^2_s} = 1 - 0{,}039\,(2mh)^4 + 0{,}016\,(2mh)^8 - \ldots$$

soit mieux, ce développement ne convenant pas pour $2mh > 1$, au moyen de tables des cosinus hyperboliques et circulaires [1].

On trouve ainsi pour valeurs :

$$2mh = 0{,}5 \quad 1 \quad 3 \quad 6$$

$$\frac{\mathcal{B}_m}{\mathcal{B}_s} = 1 \quad 0{,}98 \quad 0{,}52 \quad 0{,}24$$

Ces rapports sont évidemment peu approchés pour les valeurs élevées de $2mh$, μ ne pouvant être le même pour $\mathcal{B}_m$ et $\mathcal{B}_s$. Ils sont trop faibles et les conditions seraient un peu meilleures que celles ainsi calculées.

Il est toutefois évident qu'il serait de toute impossibilité de réaliser une induction moyenne $\mathcal{B}_m = 12\,000$ gauss avec une épaisseur de tôle conduisant à $2mh = 3$ par exemple.

La subdivision s'impose donc pour permettre le passage du flux. Jusqu'à quelle limite est-elle utile?

C'est ainsi qu'intervient de nouveau la dissipation de l'énergie des courants de Foucault.

La valeur de $\mathcal{H}_s$ est donnée par (14). C'est :

$$\mathcal{H}^2_s = \frac{2m^2h^2}{\mu^2} \mathcal{B}^2_m \frac{\cosh 2mh + \cos 2mh}{\cosh 2mh - \cos 2mh}.$$

D'autre part l'équation (9) de la dissipation est :

$$\frac{P}{S} = \mathcal{H}^2_s \frac{\rho m}{16\pi^2} \frac{\sinh 2mh - \sin 2mh}{\cosh 2mh + \cos 2mh}.$$

D'où, en substituant $\mathcal{H}^2_s$, la valeur de $\frac{P}{S}$. Mais pour cette nature d'application il est plus commode de rapporter la dissipation au volume en divisant par h de part et d'autre, ce qui donne :

$$\left.\begin{aligned}\frac{P}{V} &= \mathcal{B}^2_m \frac{\rho m^2 \,.\, 2mh}{16\pi^2\mu^2} \frac{\sinh 2mh - \sin 2mh}{\cosh 2mh - \cos 2mh} \\ &= \mathcal{B}^2_m \frac{\rho m^2 \,.\, (2mh)^2}{48\pi^2\mu^2} (1 - 0{,}00159\,(2mh)^4 + \\ &\qquad + 0{,}0004\,(2mh)^8 - \ldots).\end{aligned}\right\} \quad (15)$$

Des deux valeurs limites, la seule intéressante est celle qui correspond à $2mh < 1{,}5$, cas où le second terme du développement peut être négligé et où la formule se réduit à son premier terme. En y remplaçant m par sa valeur, on a :

$$\frac{P}{V} = \mathcal{B}^2_m \frac{\pi^2 f^2}{3\rho} (2h)^2. \qquad (15')$$

Cette dissipation diminue indéfiniment avec h, et il y a intérêt à employer des tôles minces.

Il est nécessaire de comparer la perte par Foucault à celle par hystérésis, afin de voir jusqu'à quelle limite on peut descendre. On sait qu'on a :

$$\left(\frac{P}{V}\right)_{hys} = \eta \mathcal{B}^{1,6}_{max} f, \qquad (16)$$

[1] On trouvera une telle table notamment dans T.-H. Blakesley, traduction W.-C. Rechniewski; Baudry et Cie, libraire-éditeur.

c'est cette formule que nous comparerons à (15') en remarquant que $\mathfrak{B}_m$ et $\mathfrak{B}_{max}$ peuvent ici être confondus, leur rapport étant de 0,99.

Prenons les conditions d'une bonne tôle et d'une allure très ordinaire d'une dynamo continue :

$$\eta = 0{,}002$$
$$\rho = 10^4$$
$$\mathfrak{B} = 10\,000$$
$$\mu = 3300$$
$$f = 20.$$

La formule (16) donne :

$$\left(\frac{P}{V}\right)_h = 0{,}01 \text{ watt : cm}^3.$$

La formule (15') donne, en fonction de $2h$:

$2h$.	$\left(\frac{P}{V}\right)_f$.
cm.	watt : cm³.
0,1	0,013
0,05	0,0045
0,03	0,0012
0,01	0,00013

Donc, avec une dimension de 1 mm, la perte par effet Foucault dépasserait celle d'hystérésis, même à cette basse fréquence de 20 périodes par seconde; tandis qu'avec la dimension usuelle de 0,5 mm, elle n'en est que le 1/8ᵉ.

Comme elle est proportionnelle au carré de la fréquence, on en déduit encore : que pour les tôles ordinaires de 0,5 mm, à la fréquence 50, la perte par courants de Foucault est 6,25 fois plus forte, soit 0,007 watt : cm³; que celle d'hystérésis devient 0,025, c'est-à-dire reste encore 3 à 4 fois plus forte que la précédente. Ces valeurs confirment l'expérience acquise, que l'on ne gagne plus rien d'appréciable à descendre au-dessous de cette épaisseur pour toutes les fréquences usuelles.

Tout ce qui vient d'être dit au sujet des induits s'applique, de toute évidence, aux transformateurs, aux noyaux d'électro-aimants à courant alternatif, et en général à tous les appareils dans lesquels il faut forcer la pénétration d'un flux alternant ou tournant de valeur déterminée.

V. Courants de Foucault sur les faces polaires regardant des induits dentés [1]. — Soit un plan horizontal indéfini $z = 0$, siège de courants normaux au plan de la figure, qui représente une coupe verticale pratiquée à distance suffisante des bords. La densité Δ dépend de la position du point M considéré. Soient $\mathfrak{B}_z$ et $\mathfrak{B}_x$ les composantes de l'induction en ce point (fig. 7).

Un raisonnement identique à celui qui est exposé au début de ce travail, conduit aux conditions suivantes :

$$\frac{d\mathfrak{B}_z}{dt} = \rho \frac{d\Delta}{dx}$$

$$-\frac{d\mathfrak{B}_x}{dt} = \rho \frac{d\Delta}{dz}$$

$$4\pi\Delta = \frac{1}{\mu}\left(\frac{d\mathfrak{B}_z}{dx} - \frac{d\mathfrak{B}_x}{dz}\right).$$

Il faut assujetir Δ à la condition que pour $z = 0$ les courants soient sinusoïdaux, et prennent la même valeur

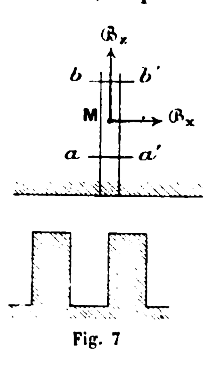


Fig. 7

pour des points distants de λ (pas dentaire), et paraissent se propager avec une vitesse v vers la droite par exemple : c'est-à-dire que, pour $z = 0$, on ait :

$$\Delta_s = \Delta_m \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x).$$

On se trouvera ainsi aussi exactement que possible dans le cas d'une face polaire pleine en face d'une armature dentée animée de la vitesse v. On pose :

$$\frac{2\pi}{\lambda} = m \quad \text{et} \quad \frac{2\pi}{\lambda} v = \omega.$$

La valeur de Δ qui remplit ces conditions, et s'annule pour $z = \infty$ est :

$$\Delta = \Delta_m e^{-kz} \sin(\omega t - mx - pz)$$

avec les conditions :

$$k^2 = m^2 + p^2 \qquad (17)$$

$$2kp = 4\pi \frac{\mu v}{\rho} m \qquad (18)$$

et l'on a :

$$v \cdot \mathfrak{B}_z = -\Delta_m \rho e^{-kz} \sin(\omega t - mx - pz),$$

$$v \cdot \mathfrak{B}_x = \Delta_m \rho e^{-kz}\left[\frac{k}{m}\cos(\omega t - mx - pz) - \right.$$
$$\left. - \frac{p}{m}\sin(\omega t - mx - pz)\right].$$

Voici comment on interprète ces résultats :

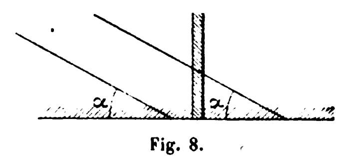


Fig. 8.

Soit (fig. 8) α un angle tel que :

$$m = p \operatorname{tg} \alpha. \qquad (19)$$

[1] Tout ce chapitre reproduit à peu près textuellement la note manuscrite de M. A. Potier.

Tous les points d'un plan perpendiculaire au tableau et faisant avec l'horizon l'angle α sont siège de courants de même phase. Les inductions y sont également de même phase et parallèles. Sur chacun de ces plans, en partant de la face, ces deux quantités décroissent comme e^{-kz}. Mais on peut remplacer k par $\frac{m}{\sin\alpha}=\frac{2\pi}{\lambda \sin\alpha}$.

L'intensité et l'induction maxima varient donc, suivant une verticale comme $e^{-\frac{2\pi z}{\lambda \sin\alpha}}$.

La phase varie également suivant la verticale et le retard d'un point d'ordonnée z sur le point correspondant à la surface est $\frac{2\pi z}{\lambda \operatorname{tg}\alpha}$.

La valeur de α résulte des équations (17) à (19) qui donnent :

$$\frac{m}{kp}=\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha}=\frac{\rho}{\mu\lambda v}.$$

Elle est toujours assez petite dans les conditions ordinaires pour qu'on puisse confondre le sinus et la tangente et écrire :

$$\sin\alpha=\operatorname{tg}\alpha=\sqrt{\frac{\rho}{\mu\lambda v}}$$

et

$$\lambda\sin\alpha=\lambda\operatorname{tg}\alpha=\sqrt{\frac{\rho\lambda}{\mu v}}.$$

Supposons par exemple $v=2000$ cm : s avec $\lambda=2$ cm; $\rho=10^4$ et $\mu=700$.

La phase change de 2π quand on s'élève de 1,2 mm, et les valeurs de l'induction et du courant sont réduites dans le rapport de $e^{2\pi}$ à l'unité, soit 0,00187. Tout est donc encore ici concentré dans une couche superficielle de faible profondeur.

Dissipation d'énergie. — La puissance thermique dégagée rapportée au volume est :

$$\frac{1}{2}\rho\Delta_s^2 e^{-2kz},$$

la densité efficace étant :

$$\frac{\Delta_s e^{-kz}}{\sqrt{2}}.$$

La même quantité, rapportée à la surface de la face polaire est ainsi :

$$\left(\frac{P}{S}\right)=\frac{1}{2}\rho\Delta_s^2\int_0^\infty e^{-2kz}\,dz=\frac{\rho\Delta_s^2}{4k}=\frac{\lambda\sin\alpha}{8\pi}\rho\Delta_s^2.$$

Champ produit. — Ce champ n'est exactement calculable que si la réluctance des circuits magnétiques est bien déterminée, comme par exemple si l'induit est lisse et parallèle à la face polaire. Avec une denture, une approximation est seule possible. On admettra que le champ est le même que si tous les courants qui traversent une bande verticale de largeur dx étaient concentrés à la surface, en dx. Celui-ci serait alors parcouru par un courant :

$$\Delta_s\,dx\int_0^\infty e^{-kz}\sin(\omega t-mx-pz),$$

$$=\Delta_s\,dx\frac{1}{\sqrt{k^2+p^2}}\sin(\omega t-mx-\varphi),$$

avec :

$$\operatorname{tg}\varphi=\frac{p}{k}=\cos\alpha.$$

Cela résulte de :

$$\int_0^\infty e^{-kz}\cos pz=\frac{p}{k^2+p^2},$$

$$\int_0^\infty e^{-kz}\sin pz=\frac{k}{k^2+p^2}.$$

Si l'on tient compte de ce que α est très petit, on voit que le système de courants équivalent à celui qui circule dans la masse est en retard de près de 45° sur les courants superficiels, et que, sur la longueur de la pièce polaire il passe, dans ce système équivalent, un courant linéaire distribué sinusoïdalement, d'intensité maxima

$$\Delta_s\frac{1}{\sqrt{k^2+p^2}},$$

ou, qu'entre deux points distants de $\frac{\lambda}{2}$, formant ce qu'on peut appeler une bande polaire sur la surface, l'intensité maxima totale est $\frac{2}{\pi}$ de ce maximum, qu'on peut écrire :

$$\Delta_s\frac{\lambda}{2}\cdot\frac{4}{\lambda\pi}\frac{1}{\sqrt{k^2+p^2}}=\Delta_s\frac{\lambda}{2}\frac{m}{\sqrt{k^2+p^2}}\cdot\frac{4}{2\pi^2}.$$

Si $\mathcal{R}$ est la réluctance moyenne de la face polaire, l'induction maxima produite par ce courant sera :

$$\mathcal{B}_e=\frac{4\pi}{\mathcal{R}}\Delta_s\frac{\lambda}{2}\frac{m}{\sqrt{k^2+p^2}}\cdot\frac{4}{2\pi^2}$$

$$=\frac{4\lambda}{\pi\mathcal{R}}\Delta_s\frac{\sin\alpha}{\sqrt{1+\cos^2\alpha}},$$

et ce champ est en retard de 45° sur celui qui serait produit par les courants superficiels seuls. Il a la même amplitude que si ces courants existaient sur une profondeur :

$$\frac{1}{\sqrt{k^2+p^2}}=\frac{\lambda}{2\pi}\frac{\sin\alpha}{\sqrt{1+\cos^2\alpha}},$$

ou sensiblement :

$$\frac{\lambda\sin\alpha}{2\pi}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}.$$

Avec les chiffres ci-dessus, cette valeur est 0,155 mm. Une densité très notable, telle que 10 ampères par mm², ne correspondrait donc qu'au nombre très faible de $\frac{2}{\pi}10\,.\,0{,}155=0{,}86$ ampèretour, qui, répartis sur 1 cm

(demi-pas dentaire), produisent un champ dans lequel l'induction maxima est :

$$\frac{4\pi \cdot 0,86 \cdot 10^{-1}}{\mathcal{R}} = \frac{1,08}{\mathcal{R}}.$$

Ainsi, tant que $\mathcal{R}$ est de l'ordre du centimètre, ce champ est insignifiant.

Calcul de Δ_0 en fonction du champ extérieur. — Soit un champ extérieur alternatif, produisant une induction distribuée sinusoïdalement, d'intensité maxima $\mathcal{B}_e$. Soit d'autre part $\mathcal{B}_i$ l'induction maxima qu'on vient de calculer comme produite par les courants circulant dans la masse. En composant ces deux champs, on doit obtenir le champ total $\mathcal{B}_t$ qui induit les courants de densité Δ.

A la surface de la pièce polaire, $\mathcal{B}_t$ est ce qu'on a nommé $\mathcal{B}_s$, soit $\frac{\rho\Delta_0}{v}$; il est en phase avec $-\Delta_0$. Le champ $\mathcal{B}_i$ est d'autre part en retard de 45° sur ce qu'il serait s'il était produit par les courants superficiels Δ_0.

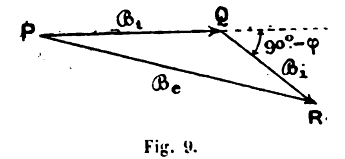


Fig. 9.

Le champ extérieur $\mathcal{B}_e$ résulte donc de la construction de la figure 9, où l'on a :

$$PQ = \frac{\rho\Delta_m}{v},$$

$$QR = \frac{4\lambda \sin\alpha}{\pi\mathcal{R}\sqrt{1+\cos^2\alpha}}\Delta_m.$$

Donc QR est toujours négligeable devant PQ.

On ne fera donc qu'une erreur insignifiante dans le cas étudié, en négligeant ce qu'on peut appeler la self-induction des courants parasites. Elle est détruite non seulement parce que ces courants s'amortissent en profondeur, mais parce que leur phase varie très rapidement.

Si l'on écrit alors $\rho\Delta_m = v\mathcal{B}_e$, on a comme quantité de chaleur :

$$\frac{\lambda \sin\alpha}{8\pi}\frac{v^2\mathcal{B}^2_e}{\rho},$$

ou bien, à cause de la valeur très approximative :

$$\lambda \sin\alpha = \sqrt{\frac{\rho\lambda}{\mu v}},$$

$$\frac{P}{S} = \frac{\mathcal{B}^2_e}{8\pi}\sqrt{\frac{\lambda v^3}{\mu\rho}}\,10^{-7} \text{ wats : cm}^2. \qquad (20)$$

Remarques. — 1° On voit par la formule que cette quantité varie comme la puissance $\frac{3}{2}$ de la vitesse, alors que pour le fer de l'induit nous avons trouvé la puissance 2. Il n'est donc pas exact de dire, comme on le fait souvent, que les courants de Foucault (sans réserves) varient comme le carré de la vitesse. Ceux de la face polaire peuvent être une fraction assez importante du total pour fausser cette relation.

2° Toutefois, il est bien difficile, ajoute M. Potier, que les choses se passent réellement comme il vient d'être dit. L'induction $\mathcal{B}_x$ à la surface prendrait une valeur énorme. Le fer doit donc se saturer près de la surface, μ

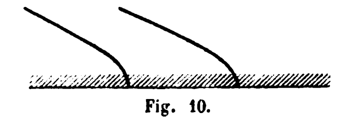


Fig. 10.

devenir petit pour augmenter rapidement avec la profondeur. Les droites inclinées de la figure 8 devraient alors être remplacées par des lignes à raccordements courbes (fig. 10). La quantité de chaleur serait ainsi augmentée, et la valeur ci-dessus est un minimum.

(*A suivre*). R.-V. Picou.

SUR LE COURANT MAGNÉTISANT

On sait que le courant donné par une différence de potentiel sinusoïdale dont nous désignerons par U la valeur efficace et U_m la valeur maximum, dans un enroulement de résistance négligeable entourant un circuit magnétique sans fuite, suffisamment feuilleté pour éviter les courants de Foucault, n'est pas sinusoïdal. Nous désignerons par j sa valeur instantanée, J_m sa valeur maximum; soit $\mathcal{B}_m$ l'induction maximum à laquelle est portée le fer à chaque cycle, l et S la longueur et la section du circuit magnétique, n le nombre des spires. On a les formules bien connues :

$$\mathcal{B}_m = \frac{U_m}{n\omega S}, \qquad (1)$$

$$J_m = \frac{\mathcal{B}_m l}{4\pi n\mu}. \qquad (2)$$

Le coefficient μ que nous introduisons ici est celui qui correspond à l'induction $\mathcal{B}_m$; c'est le rapport de l'induction au champ pour les sommets d'un cycle tracé entre $+\mathcal{B}_m$ et $-\mathcal{B}_m$.

Cela posé, on peut imaginer un courant purement sinusoïdal qui ait la même intensité efficace que le courant réel, et qui, alimenté par la tension U, corresponde à la même dépense d'énergie; soit I sa valeur efficace, I_m sa valeur maximum, $\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)$ son retard sur la tension U [1]. On a :

$$\frac{U_m I_m}{2}\sin\alpha = lS\frac{\omega}{2\pi}\eta\mathcal{B}_m^{1,6}. \qquad (3)$$

[1] Il est naturel de désigner ce retard par $\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)$, puisque, s'il n'y avait pas d'hystérésis, il serait exactement $\frac{\pi}{2}$.



Si, entre les équations (1), (2) et (3) nous éliminons $\frac{l}{n}$ et $n\omega S$, il vient :

$$\sin \alpha = \frac{4\mu\eta}{\mathfrak{B}_m^{0,4}} \cdot \frac{J_m}{I_m}. \qquad (4)$$

1° *Remarque de Steinmetz.* — Steinmetz, construisant graphiquement les courbes représentant les courants j (non sinusoïdal) et i (sinusoïdal) remarque que, au moins pour des inductions basses telles que celles qui sont employées dans les transformateurs, on a sensiblement :

$$J_m = I_m.$$

Cette égalité n'a qu'une valeur empirique. On en déduit :

$$\sin \alpha = \frac{4\mu\eta}{\mathfrak{B}_m^{0,4}}. \qquad (5)$$

Cette équation a été donnée par Steinmetz [1].

2° *Théorie de Kapp.* — Kapp admet que le courant I dans le circuit considéré est le même que celui qu'on observerait si, le fer étant dénué d'hystérésis, le circuit magnétique était muni d'un secondaire, fermé sur lui-même et dont on réglerait la résistance de manière à y faire apparaitre, sous forme d'effet Joule, une puissance égale à celle qui apparait dans le fer réel par suite de l'hystérésis.

Il est facile de voir que, dans ce cas, les ampères-tours secondaires sont en quadrature avec le flux; la résultante des ampères-tours primaires et secondaires se réduit donc à la composante, suivant le flux, des ampère-tours primaires; en d'autres termes, le courant magnétisant se confond avec le courant déwatté : c'est la théorie généralement admise; la théorie du circuit magnétique donne alors immédiatement :

$$I_m \cos \alpha = \frac{\mathfrak{B}_m l}{4\pi n \mu} \qquad (6)$$

et, en rapprochant (2) et (6)

$$\frac{J_m}{I_m} = \cos \alpha.$$

Si nous portons cette valeur dans l'équation (4), nous trouvons :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4\mu\eta}{\mathfrak{B}_m^{0,4}}. \qquad (7)$$

Cette équation a été donnée par Sartori [1].

Il y a évidemment contradiction entre les équations (5) et (7) et l'une au moins doit être inexacte; à priori il semble que l'équation (5) de Steinmetz, étant fondée sur une remarque expérimentale présente, plus de garantie que l'équation (7) de Kapp qui est fondée sur une hypothèse (assimilation de l'énergie dissipée par hystérésis dans le fer à l'énergie dissipée par effet Joule dans un secondaire).

La théorie de Kapp sur l'identité entre le courant déwatté et le courant magnétisant est pourtant si généralement adoptée qu'il est bon de voir si on ne pourrait pas la modifier de manière à la faire concorder avec les résultats expérimentaux.

Dans la formule (7) remplaçons μ par un autre coefficient μ' et écrivons :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4\mu'\eta}{\mathfrak{B}_m^{0,4}}. \qquad (8)$$

Il est clair qu'on peut faire concorder les formules (5) et (8) en posant :

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \alpha}.$$

μ' est donc plus grand que μ et, comme $\cos \alpha$ est, comme μ, une simple fonction de l'induction $\mathfrak{B}_m$, il en est de même de μ'.

Donc la théorie de Kapp peut être acceptée, à condition d'y introduire au lieu du coefficient de perméabilité vrai, déterminé par les méthodes statiques, un coefficient de perméabilité fictif, plus grand que le coefficient vrai, déterminé par la méthode des courants alternatifs, au moyen de l'équation :

$$I_d\sqrt{2} = \frac{\mathfrak{B}_m l}{4\pi n \mu'} = \frac{U_m l}{4\pi n^2 \omega S \mu'}$$

d'où :

$$\mu' = \frac{4\pi n^2 \omega S I_d}{U l}.$$

I_d étant l'intensité efficace du courant déwatté correspondant à la tension efficace U aux bornes.

Les considérations qui précèdent sont confirmées par les valeurs exceptionnellement grandes du coefficient de perméabilité données par certains auteurs : voici des nombres très probablement obtenus par la méthode des courants alternatifs et donnés par Kapp pour des tôles d'induits [1] :

$\mathfrak{B}$.	$\mathfrak{H}$.	μ'.	$\mu = \mu' \cos \alpha$.
1000	0,1885	5300	1860
2000	0,377	5300	2550
3000	0,629	4770	2580
4000	0,817	4890	2830
5000	1,131	4410	2860
6000	1,38	4340	2960
7000	1,695	4130	2960
8000	2,07	3870	2960
9000	2,51	3580	2860

On voit que les valeurs de μ' sont beaucoup plus grandes et n'ont pas la même allure de variation que les valeurs obtenues par les méthodes balistiques. Mais si on calcule l'angle α par la formule (8), puis le coefficient μ par la formule

$$\mu = \mu' \cos \alpha$$

on retombe sur les nombres de la quatrième colonne qui

[1] Steinmetz, *Théorie et calcul des phénomènes des courants alternatifs*. Trad. franç., p. 125.

[1] Sartori, *Courant alternatif*, trad. franç., t. II, p. 119.

[1] Cité par Hospitalier, *Formulaire*, 1902, p. 176.

se rapprochent bien plus de l'ordre de grandeur et de l'allure de variation que nous connaissons pour le coefficient de perméabilité.

Il résulte de tout ce qui précède que lorsque l'on calcule, comme on a l'habitude de le faire, le courant magnétisant, on trouve un résultat trop élevé si l'on emploie dans les formules le coefficient μ, correspondant à l'induction maximum à laquelle travaille le fer et déterminé par les méthodes statiques. Cette erreur n'a pas en général grande importance, d'abord parce que dans la prédétermination du courant magnétisant, il vaut mieux se tromper en plus qu'en moins; en second lieu parce que dès qu'il y a le moindre entrefer ou la moindre fuite le courant magnétisant augmente notablement et peut se calculer d'une manière correcte par les méthodes ordinaires; enfin parce que, à pleine charge d'un appareil quelconque à courant alternatif, le courant magnétisant n'est qu'une faible composante du courant total.

P. J.

DÉTERMINATION DU RENDEMENT INDUSTRIEL

DES

MACHINES A COURANT CONTINU

On connaît la méthode, appelée quelquefois *indirecte*, qui consiste à coupler directement les arbres des deux machines identiques.

Avec le couplage par courroie, on introduit des pertes qu'il est difficile de déterminer avec la même approximation que celle qu'on réalise dans les mesures électriques.

On fait ensuite passer dans une des machines un courant d'une source extérieure; la machine travaille alors comme moteur. L'autre machine travaille comme génératrice; elle ajoute sa force électromotrice à celle de la source extérieure, dont le montage est représenté schématiquement figure 1.

Il est clair que cette source doit fournir une puissance

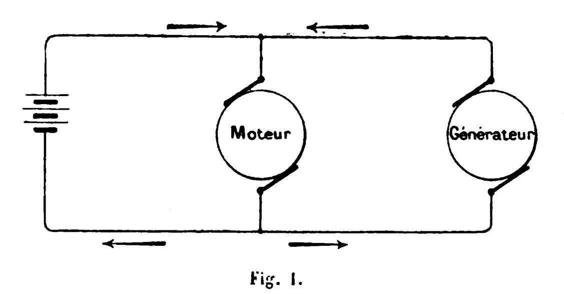


Fig. 1.

suffisante pour combler les pertes dans les deux machines. Si nous savions comment ces pertes sont réparties, il nous serait aisé de trouver le rendement de chacune des machines.

Mais dans la méthode considérée on ne peut déterminer séparément que la puissance utile de la génératrice et la puissance totale du moteur; on ne peut donc pas déterminer la répartition des pertes de façon à ce que ces pertes soient, autant que possible, égales dans les deux machines. On doit donc s'arranger pour que l'intensité du courant dans les deux machines, ainsi que les différences de potentiel aux bornes de la génératrice et du moteur se rapprochent de leurs valeurs normales.

En ce qui concerne l'excitation des inducteurs, le courant dans les enroulements de la génératrice doit être tel que sa force électromotrice soit supérieure à la force contre-électromotrice du moteur.

Soit :

$$P = uI$$

la puissance électrique totale du moteur, et

$$P' = u'I',$$

la puissance utile de la génératrice.

La source auxiliaire de courant devra fournir une puissance

$$uI - u'I' \quad \text{ou} \quad u(I - I'),$$

puisque la tension aux bornes des deux machines est la même.

L'intensité du courant dans le moteur est :

$$I = I' + i,$$

i étant l'intensité du courant de la source auxiliaire. Le rendement total du système est représenté par

$$\eta = \frac{u'I'}{uI} = \frac{I'}{I} = \frac{I'}{I' + i},$$

mais, d'autre part, ce rendement est égal au produit des rendements partiels des machines,

$$\eta \cdot \eta' = \frac{I'}{I' + i},$$

et puisque

$$\eta = \eta',$$

on a :

$$\eta = \eta' = \sqrt{\frac{I'}{I' + i}}.$$

Il faut remarquer que toutes les opérations, telles que la mise en marche et le réglage des machines, sont simplifiées lorsque ces machines sont excitées séparément.

Dans ce cas, l'expression de η ci-dessus ne représente que le rendement de l'induit de la machine, puisqu'elle ne comprend pas les pertes dans les enroulements des inducteurs; il est d'ailleurs facile de faire la correction nécessaire. Mais cette méthode, qui est la plus employée, comporte une cause d'erreur résultant de l'inégalité des forces électromotrices des deux machines; il en résulte des pertes inégales par hystérésis et courants de Foucault, puisque ces pertes dépendent non seulement de la vitesse angulaire de la machine, mais aussi du flux de force magnétique, qui, dans ce cas, est proportionnel à la force électromotrice de la machine.

Si l'on voulait obtenir une valeur plus exacte du rendement industriel, il faudrait égaliser les forces électromotrices des deux machines en disposant une autre source auxiliaire en série avec la génératrice, ainsi qu'il est indiqué dans la figure 2, dans laquelle *A* est cette source, *r* un rhéostat.

Comme il est facile de déterminer les pertes par échauffement des conducteurs en mesurant les résistances et les intensités de courants dans les circuits correspondants,

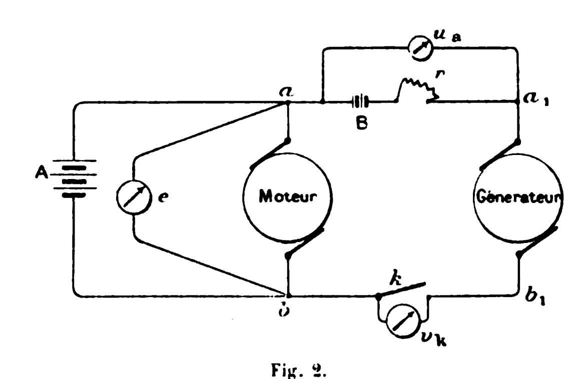


Fig. 2.

le but du procédé considéré est d'égaliser entre elles les pertes résultant des frottements, de l'hystérésis et des courants de Foucault, et de les déterminer; en calculant ensuite les pertes par échauffement, nous aurons la somme totale de ces pertes, et nous en déduirons le rendement industriel.

Si l'on veut déterminer le rendement industriel de la génératrice, il faut y faire passer un courant normal égal à I'; dans le cas du moteur ce courant serait :

$$I = I' + i.$$

Il faut avoir soin de maintenir aux bornes de la génératrice et du moteur une différence de potentiel normale et on les fera tourner à la vitesse voulue.

Il s'agit maintenant de savoir quelle doit être la force électromotrice E'' de la source B pour que les forces électromotrices des deux machines soient égales entre elles.

Pour le circuit du générateur on a :

$$E' + E'' = u + I'R + I'R'' + I'r.$$

R, étant la résistance de l'induit du générateur;
R'', étant la résistance de la source B;
r, étant la résistance du rhéostat;
E, la force électromotrice de la génératrice;
u, la différence de potentiel aux bornes du moteur.

Et puisque

$$u'' = E'' - I'R''$$

est la différence de potentiel aux bornes de la source auxiliaire B, on a :

$$E' + u'' = u + I'R + I'r. \qquad (1)$$

D'autre part, on a pour la portion, comprise entre les bornes du moteur :

$$E = u - R(I' + i) \qquad (2)$$

mais puisque

$$E' = E$$

on a, en retranchant (2) de (1) :

$$u'' = R(2I' + i) + I'r. \qquad (3)$$

Afin de ne pas mesurer séparément u'' et la résistance de la source B et du rhéostat r, il vaut mieux les connecter en série et mesurer au moyen d'un voltmètre la tension :

$$u_a = u'' - Ir = R(2I' + i)$$

entre les points a et a_1.

Cherchons maintenant à déterminer les pertes dues aux frottements, à l'hystérésis et aux courants de Foucault.

La puissance fournie au système par la source extérieure est :

$$u_a I + ui,$$

u étant la tension aux bornes de la source A évidemment égale à la tension aux bornes du moteur.

Soit P la puissance nécessaire pour vaincre les frottements, l'hystérésis et les courants de Foucault dans chacune des machines et P_c la puissance totale dépensée dans les induits. On a :

$$P_c + 2P = u_a I' + ui,$$

mais

$$P_c = RI^2 + RI'^2 = R[(I' + i)^2 + I'^2] - R(2I'^2 + 2I'i + i^2),$$

d'où :

$$P = \frac{1}{2}\left[u_a I' + ui - R(2I'^2 + 2I'i + i^2)\right],$$

le rendement industriel de l'induit est alors :

$$\eta_i' = \frac{u'I'}{u'I' + I'R^2 + P}.$$

Si l'intensité du courant dans les enroulements des inducteurs est I_m, le rendement cherché de la génératrice sera :

$$\eta' = \frac{u'I'}{u'I' + I'R^2 + I_m u' + P}.$$

Au moment de l'expérience, il est bon de placer dans le circuit entre les points b, b_1 un interrupteur K avec un voltmètre V_v branché en dérivation sur ce dernier. La présence d'un voltmètre est nécessaire afin de pouvoir fermer l'interrupteur au moment où la différence de potentiel entre ces bornes ne dépasse pas quelques volts; on évite ainsi le danger de la production d'un courant trop intense dans la génératrice.

On obtient aisément cette différence de potentiel par le réglage de l'excitation dans les deux machines. Si le voltmètre est muni des indications (+) et (—), il faut avoir soin d'établir les connexions en tenant compte du sens du courant qui va du générateur au moteur.

Afin d'éviter la déviation trop brusque de l'aiguille du voltmètre, il vaut mieux commencer par donner au courant d'excitation de la génératrice une valeur plus grande et de la faire diminuer ensuite.

L'expérience est disposée de la façon suivante : l'interrupteur K dans le circuit du générateur étant ouvert, on met le moteur en marche; la tension aux bornes a, b de celui-ci doit être à peu près égale à la tension demandée aux bornes de la génératrice e', on arrive facilement à ce résultat en réglant la tension de la source A.

La vitesse angulaire du moteur est obtenue au moyen de l'excitation convenable des inducteurs.

La tension

$$u_a = R(2I + i)... \qquad (4)$$

prend d'abord une valeur approchée, i étant égal environ à 0,15 à 0,20 de I'. On règle ensuite l'excitation de façon à ce que les indications du voltmètre, branché sur l'interrupteur, dépassent de quelques volts la tension du moteur; on ferme l'interrupteur K.

Il s'agit maintenant, en faisant varier l'excitation des inducteurs de la génératrice et la tension u_a, d'établire ntre les bornes de celui-ci une tension u' et un courant I' dans le circuit extérieur; on arrive graduellement à ce résultat en suivant les indications du voltmètre entre les bornes a, a'.

Ceci fait, il n'y a plus aucune difficulté à trouver les valeurs de P et de η', d'après les formules ci-dessus.

En introduisant le rhéostat r, on évite d'avoir à régler la tension de la source B. La valeur peut être déterminée d'après l'expression (3); on voit que la tension de la source B est relativement insignifiante. Cette source peut être constituée par une batterie d'accumulateurs; une dérivation peut aussi être établie entre les bornes du rhéostat, intercalé dans le circuit principal. On pourrait aussi placer la source B dans la dérivation ab, en ayant soin toutefois de disposer les circuits pour que la f. é. m. de cette source soit dirigée en sens inverse de la f. é. m. du moteur, c'est-à-dire qu'elle coïncide avec la valeur correspondante de la génératrice et de la source A.

Il va sans dire que, suivant l'excitation des inducteurs, on peut à volonté employer la génératrice en qualité de moteur et inversement; il est bien entendu qu'il faut intercaler dans le circuit du moteur un rhéostat de mise en marche. Nous passons sous silence la résistance de contact entre les balais et les lames du collecteur, mais il est facile d'en tenir compte dans des mesures précises.

La méthode ci-dessus, tout en présentant certains avantages au point de vue électro-mécanique, permet d'effectuer des mesures plus précises. On peut l'utiliser pour la détermination des pertes; il faut seulement trouver la somme des pertes dues aux frottements, à l'hystérésis et aux courants de Foucault, en fonction de la f. é. m. et du flux magnétique dans l'induit à la vitesse constante; on fait ensuite les calculs nécessaires pour la distribution de ces pertes.

(*Electritchestvo*, nº 15-16, 1904.)

S. Baldine,
Ingénieur de la marine russe.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Le brouillard et les expériences de Sir Oliver Lodge. — Pendant les fêtes de Noël et la semaine précédente, Londres et ses environs ont été plongés dans un brouillard épouvantable de sorte que le trafic énorme en cette saison a été dérangé d'une manière incroyable. L'opacité était telle qu'une voiture mettait 5 heures pour faire le trajet de Paddington-gare à la gare Victoria, soit une distance de 3 km à peine.

A Birmingham, Sir Oliver Lodge a installé un appareil pour supprimer le brouillard par l'électricité, et quoiqu'il annonce lui-même que ce moyen de dissipation n'est pas le meilleur remède pour une atmosphère qui est principalement assombrie par suite de l'emploi des combustibles donnant beaucoup de fumée, il pense qu'il faut faire tout ce qu'on peut pour rendre l'air plus pur; M. Lodge dit du reste que la dépense d'énergie électrique est très petite en comparaison avec la consommation énorme de l'éclairage. Les Sociétés exploitantes d'électricité, pour lesquelles le brouillard est une source importante de bénéfices, ne verraient peut-être pas avec plaisir la réussite d'un tel système; mais on ne l'utiliserait que dans les rues et les voies les plus importantes; et, d'autre part, ce moyen ne serait efficace que sur un brouillard bas, il serait sans effet pour un brouillard planant au-dessus des maisons.

Une automobile à pétrole pour chemins de fer. — L'exploitation économique des petites lignes auxiliaires qui traversent un pays peu peuplé est depuis longtemps un des plus importants problèmes que se soit posé la direction des chemins de fer.

On admet généralement que, dans de telles conditions, les types de voitures automotrices présentent plusieurs avantages, et depuis quelque temps on a fait de nombreux essais sur divers réseaux de chemins de fer en vue de déterminer quel type d'automobile s'adapterait le mieux à ces conditions particulières.

Le chemin de fer du Great Northern a fait des expériences intéressantes dans cet ordre d'idées avec un wagon spécialement étudié par MM. Dick Kerr et Cº. Le système adopté et qui consiste à appliquer deux moteurs à un tramcar a été calqué sur l'automobile. On emploie deux moteurs à pétrole qui commandent un arbre moteur comme on le verra plus loin.

La voiture est prévue pour 32 voyageurs, mais occasionellement on peut augmenter ce nombre, et on a en préparation déjà un plus grand type de véhicule, qui ne portera pas seulement plus de voyageurs, mais qui contiendra aussi un petit compartiment pour les bagages. Tout le mécanisme est monté sur un châssis, qui est directement supporté par les essieux. Il est ainsi complètement isolé du corps du wagon, et il en résulte qu'au repos le bruit et la vibration des machines sont presque imperceptibles pour les voyageurs.

La force motrice est fournie par deux moteurs, qui, cependant, ne sont pas reliés indépendamment aux roues, quoique les deux essieux soient actionnés. Dans les circonstances normales les machines actionnent un arbre longitudinal commun, qui est relié aux essieux par des roues d'angle.

Pour surmonter la difficulté qui résulterait de ce qu'un essieu tourne plus vite que l'autre, à cause d'une inégalité possible dans le diamètre des roues, on intercale un différentiel.

Les machines sont reliées par des embrayages indépendants à une boîte commune de changement de vitesse, d'où l'énergie est transmise au moyen d'un arbre moteur longitudinal à chaque essieu par des engrenages à réduction de vitesse.

Les moteurs sont du type Daimler, chacun est capable de développer 36 chevaux lorsqu'il fonctionne à pleine vitesse. Un réservoir à pétrole séparé est installé pour chaque machine, et la capacité totale de ceux-ci est assez grande pour faire près de 40 km.

Le véhicule entier pèse un peu moins de 16 tonnes en ordre de marche, et quoique la vitesse normale pour laquelle il est prévu, soit de 48 km par heure, en plusieurs occasions on a atteint une vitesse dépassant 80 km : h. La voiture est éclairée électriquement à l'aide de batteries, qui fournissent aussi le courant pour l'allumage et pour les embrayages magnétiques. La disposition de cette automobile est telle qu'en soulevant la caisse, le châssis et les machines peuvent être enlevés de la même manière qu'un truc d'au-dessous d'un tramway électrique ; mais, en plus de cela, le châssis qui contient le mécanisme peut être enlevé sans ôter le truc qui se trouve au-dessous du corps du car, de sorte que l'on a de grandes facilités pour faire des réparations.

La lampe à arc Regina. — Cette lampe à arc a obtenu une médaille d'or à l'exposition de Saint-Louis. Elle diffère d'autres lampes enfermées principalement par le système de fermeture. Au lieu d'enfermer seulement la partie des charbons qui est au voisinage de l'arc, ce qui est particulièrement difficile à obtenir à cause du joint qui ne peut jamais être étanche, étant donné la nécessité où l'on est de laisser un libre passage au charbon, on a eu l'idée, dans la lampe Regina, d'enfermer l'appareil de réglage lui-même dans la même chambre que l'arc, une soupape de sûreté a été naturellement prévue. On prétend qu'il en résulte plus de lumière et que les charbons durent plus longtemps. Le mécanisme est très simple, il consiste en un cylindre contenant un piston, auquel est attaché le porte-charbon et le noyau de fer de l'électro-aimant. Le système qui laisse défiler le charbon consiste en deux pinces qui maintiennent le charbon, lorsque l'électro attire son armature. Le piston avec son prolongement est la seule partie mobile, il n'y a aucun autre mécanisme. Un dispositif spécial permet de retirer la lampe du circuit lorsque les charbons sont usés.

Des expériences faites par M. le professeur Wedding sur la lampe ont accusé une consommation de 1,1 watt par bougie. Elle est construite suivant divers modèles pour le courant continu et le courant alternatif. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 26 décembre 1904.

Sur la fragilité de certains aciers. — Note de MM. A. Perot et Henri Michel Lévy, présentée par M. A. Michel Lévy. — Dans une note précédente (1), nous avons décrit un appareil permettant d'étudier les phénomènes que produit un choc sur une barrette de métal encastrée à une de ses extrémités, frappée à l'autre, et munie d'une entaille de section trapézoïdale; nous avons indiqué les premiers résultats obtenus. Nous avons l'honneur d'exposer aujourd'hui à l'Académie la suite de cette étude.

Depuis le début des recherches, nous avons légèrement modifié l'appareil; la tête du mouton qui produit le choc a été reliée à un contrepoids par l'intermédiaire d'une corde passant sur deux poulies; l'ensemble constitue une machine d'Atwood dont on peut modifier les masses et les hauteurs de chute. Lors du choc la corde se détend et c'est la force vive de la masse totale de la tête du mouton qui agit. On peut ainsi faire varier très commodément les vitesses d'action (vitesses du mouton pendant le choc) en agissant sur la vitesse au début et sur les kilogrammètres disponibles qui règlent la variation de la vitesse pendant le choc.

D'autre part, le temps est enregistré sur la plaque photographique par la projection sur celle-ci des images d'une série de points lumineux qui se déplacent horizontalement avec une vitesse constante. Ces points sont produits par l'intersection de l'image réelle horizontale du filament d'une lampe Nernst avec une série de fentes en développantes de cercle, découpées sur le pourtour d'un disque métallique animé d'un mouvement uniforme. On obtient ainsi sur le cliché les portions d'une courbe qu'il est facile de reconstituer, dont le coefficient angulaire en chaque point donne le rapport des vitesses de la plaque et des points lumineux (1,30 m par seconde).

Les études faites avec cet appareil ont confirmé pour divers aciers l'égalité des valeurs de la résistance à la rupture, mesurées soit avec la machine de traction, soit à l'aide de notre appareil.

Elles ont montré de plus que le métal que nous avons plus particulièrement étudié (2) présente une fragilité essentiellement variable, alors même que les chocs sont produits avec des appareils identiques, dans des conditions déterminées d'entaille et d'encastrement des barrettes.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 22 février 1904, p. 474.
(2) Et qui a été mis obligeamment à notre disposition par M. Charpy.

L'étude des causes qui influent sur la fragilité est rendue très difficile par l'hétérogénéité des échantillons; néanmoins, en sciant en deux parties les barrettes, nous avons réussi à opérer sur des couples d'échantillons comparables.

Il ressort nettement de l'examen des résultats obtenus que, *pour le métal étudié*, lorsque la vitesse du choc est et demeure pendant tout le choc suffisamment élevée, aucune déformation permanente ne se produit, le métal est fragile, tandis que, lorsque cette vitesse est suffisamment petite, le métal peut supporter une déformation permanente, indiquant les qualités inverses de la fragilité, mais l'étendue de cette déformation permanente est d'autant plus petite que l'on s'approche davantage de la vitesse qui donne la fragilité.

Nous ne saurions, en l'état actuel de nos recherches, préciser davantage; toutefois on peut remarquer que ces faits suffisent à expliquer la forme concave particulière de la courbe d'efforts, indiquée pour les métaux fragiles dans notre précédente note; cette concavité, qui disparaît quand le nombre des kilogrammètres disponibles est élevé et quand, par suite, la vitesse d'action varie peu, est vraisemblablement produite par l'allongement des dernières fibres du métal sollicitées avec des vitesses insuffisantes pour amener la fragilité.

Les clichés que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie montrent la variation de la valeur de la déformation permanente avec la vitesse et sa disparition pour des vitesses de 6 m:s.

Sur les rayons cathodiques et les lois de l'électromagnétisme. — Note de M. P. Villard, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Sur la thermo-électricité des alliages d'aluminium. — Note de M. Hector Pécheux, présentée par M. J. Violle. — Comme suite à mes recherches sur certains alliages de l'aluminium (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, *passim*), j'ai déterminé leur thermo-électricité par rapport au cuivre, suivant la *méthode des déviations*. A cet effet, j'ai réalisé, avec le cuivre et toutes mes baguettes d'alliage (longueur variant de 12 cm à 20 cm) des éléments thermo-électriques que j'ai mis en circuit avec un galvanomètre de W. Thomson soigneusement étalonné. La résistance totale du circuit étant égale à 5,312 ohms, la résistance des baguettes d'alliages inférieure à 0,01 ohm et par conséquent négligeable, la force électromotrice se déduisait immédiatement de la déviation.

J'ai d'abord constaté que les métaux dont je me suis servi occupent dans la série thermo-électrique l'ordre indiqué par Tait, sauf en ce qui concerne l'aluminium en baguette qui se place entre le cuivre et le plomb; l'aluminium en fil, que j'ai expérimenté aussi, est bien, comme l'a trouvé Tait, avant l'étain et le plomb, jusqu'à 200°. Mais on sait que la thermo-électricité d'un métal varie avec le mode de préparation : il n'y a donc rien d'étonnant à ce que l'aluminium coulé donne un résultat autre que l'aluminium en fil, métal écroui et qui devient ainsi positif par rapport à l'aluminium coulé. Cette remarque me paraît nécessaire, étant donné que tous mes alliages ont été employés coulés et non en fils.

Les résultats ci-après sont donnés en *microvolts*.

1° *Étain-aluminium*. — La soudure froide était à 17°,50 (circulation d'eau froide); la soudure chaude était exposée, successivement, aux températures de 100° (eau distillée à l'ébullition), et de 180° (huile d'aniline pure bouillante).

Les quatre alliages $Sn^5 Al$, $Sn^3 Al$, $Sn^2 Al$, $Sn Al^3$ se placent dans l'ordre suivant :

	17°,5	
	100°	180°
Al (baguette).	162,75	359,08
Sn^3-Al.	181,68	366,72
Sn^5-Al.	196,82	416,38
Sn-Al^3.	208,18	438,40
Sn^2-Al.	223,31	462,22
Sn (baguette).	227,10	477,50

Tait avait trouvé pour l'étain, en baguette également, le nombre 257 microvolts entre 0° et 100°.

2° *Plomb-aluminium.*

	17°,5	
	100°	180°
92 pour 100 Al	94,63	181,68
94 pour 100	113,55	219,53
96 pour 106	151,40	363,36
Al (baguette).	162,75	359,08
Pb (baguette)	211,96	416,35

Tait a trouvé, pour le plomb en baguette, 208 microvolts (entre 0° et 100°), chiffre très voisin de celui que j'ai obtenu.

3° *Bismuth-aluminium.*

	17°,5	
	100°	180°
75 pour 100 Al	98,41	204,39
85 pour 100	121,12	280,09
94 pour 100	155,19	302,80
88 pour 100	159,18	325,51
Al (baguette).	162,75	359,08
Bi (baguette).	5916	9955

Pour les alliages suivants, de l'aluminium avec le magnésium, l'antimoine et le zinc (alliages moins fusibles que les précédents), j'ai porté la soudure chaude à 100°, 180° et 380° (huile de lin bouillante).

4° *Magnésium-aluminium.*

		17°,5	
	100°	180°	380°
68 pour 100 Al	83,27	155,19	151,40
77 pour 100	105,98	219,53	249,81
85 pour 100	121,12	272,52	295,23
66 pour 100	128,69	280,09	340,65
Mg (fil)	136,26	249,81	458,40
Al (baguette).	162,75	359,08	404,90
75 pour 100	181,68	425,92	531,30

Le magnésium est difficile à étudier, à cause de la facilité avec laquelle il s'oxyde quand la soudure chaude n'est pas bien isolée à l'aide de l'ouate.

5° *Antimoine-aluminium.*

		17°,5	
	100°	180°	380°
Sb (baguette).	2920,50	5459,65	7217,95
Sb-Al^{38}	45,42	105,98	151,40
Sb-Al^{30}	64,35	151,40	211,96
Sb-Al^{40}	87,05	177,90	249,81
Sb-Al^{35}	98,41	211,96	317,94
Al (baguette).	162,75	359,08	404,90

6° *Zinc-aluminium.*

	9°,5		
	100°	180°	380°
Zn (baguette)	18,92	29,95	41,64
Zn^3-Al	19,21	94,63	113,55
Zn^2-Al	64,35	128,69	162,75
Zn-Al	113,55	246,03	352
Zn-Al^2	166,54	340,65	611,20
Zn-Al^3	151,40	314,16	460,31
Zn-Al^4	161,47	348,22	523,34
Zn-Al^6	174,12	404,92	679,96
Zn-Al^{10}	181,68	389,64	719.95
Zn-Al^{12}	166,54	382	595,92
Al (baguette)	177,90	382	413,12

De tous les alliages d'aluminium que j'ai étudiés, le Zn-Al^6 et le Zn-Al^{10} sont ceux qui ont le plus grand pouvoir thermo-électrique par rapport au cuivre, après 180°; le Zn Al^2, d'abord au-dessous, s'en rapproche ensuite vers 380°.

Sur la théorie du magnétisme. — Note de M. P. Langevin, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus*).

Sur la conductibilité électrique des solutions colloïdales. — Note de M. G. Malfitano, présentée par M. E. Roux. (Voy. les *Comptes rendus*).

Séance du 2 janvier 1904.

Mesure de la conductibilité des diélectriques au moyen des gaz ionisés. — Note de M. Charles Normann, présentée par M. Lœvy. (Voy. les *Comptes rendus*).

Séance du 9 janvier 1904.

Sur les propriétés radioactives photogéniques du corail calciné placé dans le vide radiant et soumis à l'influence des rayons cathodiques. — Note de M. Gaston Séguy, présentée par M. Lippmann. (Voy. les *Comptes rendus*).

Sur la valeur des éléments magnétiques au 1er janvier 1905. — Note de M. Th. Moureaux, présentée par M. E. Mascart. — Les observations magnétiques, à l'observatoire du Val-Joyeux (Villepreux, Seine-et-Oise), ont été continuées, en 1904, par M. J. Itié, avec les mêmes appareils, et réduites d'après les mêmes méthodes que les années antérieures.

Les valeurs des différents éléments au 1er janvier 1905 résultent de la moyenne des valeurs horaires, relevées le 31 décembre 1904 et le 1er janvier 1905, rapportées à des mesures absolues faites dans les derniers jours de décembre.

La variation séculaire est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1904 [1].

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 40.

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à l'observatoire du Val-Joyeux.

Éléments.	Valeurs absolues au 1er janvier 1905.	Variation séculaire.
Déclinaison occidentale	14°37',69	— 4',50
Inclinaison	64°51',1	— 3',8
Composante horizontale	0,19724	+ 0,00042
Composante verticale	0,42015	— 0,00029
Composante nord	0,19055	+ 0,00047
Composante ouest	0,05092	— 0,00014
Intensité totale	0,46414	— 0,00009

La station du Val-Joyeux est située par 0° 19′ 23″ de longitude ouest et 48° 49′ 16″ de latitude nord.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 11 janvier 1904.

La séance est ouverte à 8h 40m sous la présidence de M. Boucherot, vice-président. Après l'expédition des affaires courantes, l'ordre du jour appelle la communication de M. Picou sur **Les courants de Foucault dans les induits de machines à courant continu.** Cette communication ayant fait ici même l'objet d'un article [1], nous n'y reviendrons pas, nous bornant à signaler une observation de M. Boucherot sur la grande analogie qui existe entre la répartition des courants de Foucault et celle de la chaleur à travers une paroi; il rappelle également qu'on peut faire le calcul en supposant que ces courants circulent comme dans une peau dont l'épaisseur varierait avec la fréquence.

M. Maurice Leblanc présente ensuite à la Société une intéressante communication sur les **Étouffeurs d'harmoniques.** A ce sujet M. Leblanc montre l'intérêt qu'il y a à se débarrasser des causes produisant les surtensions sur les réseaux de distribution à courants alternatifs. Ces surtensions proviennent, on le sait, surtout de phénomènes de résonance. Le courant fondamental n'entre généralement pas en résonance, mais les harmoniques successifs résonnent le plus souvent. Tant que les alternateurs ne produisent pas d'harmoniques de rang trop élevé, on sera dans de bonnes conditions si les appareils et les câbles peuvent supporter trois fois la tension efficace, mais ce n'est pas toujours le cas en sorte qu'on se trouve amené à chercher à étouffer ces harmoniques.

M. Zweifel, ingénieur en chef des Services électriques de la Société Alsacienne, a étudié des alternateurs spéciaux permettant d'obtenir des courbes de tension très régulières sur lesquelles on ne relève à vide la présence d'aucun harmonique, mais cela ne suffit pas en pratique, car si on ferme le circuit d'un alternateur ainsi étudié sur un transformateur, on voit aussitôt la courbe se déformer. On doit donc chercher à faire donner à l'alterna-

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 313, du 10 janvier 1905, p. 5.

teur une courbe sinusoïdale dans les conditions de fonctionnement moyen. On admettra donc qu'en profitant les épanouissements polaires des alternateurs triphasés et en répartissant judicieusement les spires de l'induit, on peut étouffer les harmoniques de rang 3, 5 et 7 et se contenter d'un coefficient de sécurité égal à 3.

Afin de remédier dans la plupart des cas aux surtensions. M. Leblanc propose d'employer des *étouffeurs d'harmoniques*, ces appareils étant destinés à arrêter, comme leur nom l'indique, les courants de fréquence trop élevée.

En disposant à la surface des inducteurs d'un alternateur des circuits très résistants constituant une cage d'écureuil, on peut arriver à de bons résultats. Le courant fondamental ne produira rien dans cette cage d'écureuil, mais les harmoniques de rang élevé s'amortiront. En pratique, ces circuits étouffeurs sont constitués par des barres en maillechort disposées sur les pôles inducteurs, le long de l'entrefer; ces barres sont rivées des deux côtés à des traverses en maillechort qui en font des portions de cage d'écureuil.

L'emploi d'étouffeurs de ce genre paraît incompatible avec les circuits amortisseurs mais il est inutile de monter des étouffeurs ou des amortisseurs sur tous les pôles à la fois. Sur une série des pôles on mettra des amortisseurs en cuivre rouge, sur les autres des étouffeurs en maillechort.

Ce dispositif ne peut s'adapter aux moteurs d'induction à cage d'écureuil si l'on veut que le moteur ait un bon rendement, mais on peut l'utiliser avec des induits enroulés, les flux traverseront la cage résistante sans la couper.

Vérification expérimentale. — La Société Westinghouse et la Société Alsacienne ont bien voulu vérifier le rôle des étouffeurs, la Société Alsacienne a organisé l'expérience suivante.

On a construit un alternateur avec un moteur d'induction, dont les trois circuits du rotor ont été fermés sur trois résistances identiques représentant 75 fois la résistance des circuits du rotor, ces trois circuits constituaient l'étouffeur d'harmoniques. On a ensuite superposé à ces trois circuits un courant continu sans gêner le fontionnement grâce à la présence de bobines de self convenablement disposées.

Le stator fournissait des courants triphasés, il aboutissait à un transformateur fermé sur une capacité formée de rouleaux de câbles armés.

Lorsqu'on ouvrait le commutateur reliant le rotor aux résistances, on avait un alternateur ordinaire, grâce au courant continu qui arrivait directement aux bagues; en fermant le commutateur, on avait un alternateur avec étouffeur.

On a relevé à l'ondographe Hospitalier les courbes avec et sans étouffeur, le transformateur étant coupé, les deux courbes étaient comparables. On a ensuite fermé le circuit du transformateur, on a eu une différence marquée dans les courbes, entre la marche avec et sans étouffeur.

M. Leblanc en terminant exprime le désir de voir diminuer les accidents dus à la surtension grâce à l'application judicieuse des étouffeurs d'harmoniques.

De nombreux applaudissements montrent l'intérêt que la Société a pris à la communication de M. Leblanc, dont l'importance n'échappe à personne.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 10 h.

A. S.

BIBLIOGRAPHIE

La Télégraphie sans fil et les ondes électriques, par J. Boulanger et G. Ferrié, 5[e] édition. — *Berger-Levrault et C[ie]*, éditeurs. Paris, 1904. — Format : 220 × 140 mm ; 250 pages. Prix : 4 fr.

On a beau dire et beau faire, la vérité finit toujours par subsister, en dépit de l'ignorance et de l'invention des journalistes et des boniments des aigrefins en quête de pop... ularité trébuchante et sonnante; mais on est plus particulièrement heureux de la voir ramenée à ses justes proportions par ceux-là même qui, les plus versés dans des connaissances encore bien obscures pour tout le monde, seraient mieux en situation que quiconque de se faire valoir en exagérant un avenir auquel leur passé donnerait toute créance. Tel est le cas de MM. Boulanger et Ferrié qui, à chaque étape de leur carrière scientifique, à chaque nouvelle édition de leur remarquable livre sur la matière, remettent au point les exagérations inconscientes ou voulues des uns ou des autres quant aux progrès réalisés depuis leur précédente intervention.

C'est ainsi que, à la fin de cette cinquième édition où ils n'omettent rien des derniers résultats acquis, ils en arrivent à cette conclusion un peu trop absolue peut-être en ce qui concerne l'avenir, que « la télégraphie sans fil « ne peut pas remplacer les procédés de communication « employés jusqu'à ce jour. Chaque fois qu'on en reconnaîtra la possibilité, il sera toujours préférable, « ajoutent-ils, d'avoir recours à ces procédés qui ont « pour eux l'avantage de la simplicité. Néanmoins, dans « bien des cas, la télégraphie sans fil sera un complément « précieux qu'on ne saurait négliger. Sur mer, elle « constitue le plus souvent le seul moyen de communication possible et il est aisé de concevoir des circonstances « où il en serait de même à terre, notamment dans les « opérations militaires ».

Cette conclusion ne manque-t-elle pas, si encourageante qu'elle apparaisse encore dans ses derniers mots, d'un terme éventuellement correctif tel que « en l'état actuel de nos connaissances »? Sans vouloir diminuer en rien l'autorité des deux maîtres cités, nous l'espérons dans l'intérêt même de leur modestie bien connue qui, sans cela, pourrait paraître bien présomptueuse.

Nous n'insisterons pas d'ailleurs sur les qualités depuis si longtemps appréciées de leur œuvre, au point de vue tant de la solidité de la doctrine appuyée de toute leur expérience, que de la netteté de leur exposition qui n'emprunte à la science pure que ce dont elle ne peut se passer. E. Boistel.

The Conductometer and Electrical Conductivity (Le conductomètre et la conductibilité électrique), par Rollo Appleyard. — *Alabaster, Gatehouse and C°*, éditeurs. Londres, 1904. — Format : 215 × 140 mm; 40 pages. Prix cartonné : 2 fr.

L'appareil ici baptisé et décrit par l'auteur est un pont à curseur muni d'échelles de compensation dont nous ne ferons qu'indiquer le principe. Supposons un fil, de longueur donnée et de conductibilité relative connue, équilibré sur un pont à curseur, comme serait un fil-étalon opposé à une série de fils à essayer, de même longueur et de même diamètre ou de même masse *nominalement*. S'il se trouve que la conductibilité relative du fil-étalon soit exactement de 100 et que tous les fils d'essai aient exactement les mêmes dimensions ou masse que ledit fil-étalon, on peut diviser l'échelle du pont de telle sorte que la position du curseur, quand l'équilibre est atteint, indique la conductibilité relative de ces fils d'épreuve. Mais, dans la pratique, ces conditions d'égalité ne sont jamais réalisées. Or, ce que l'auteur a précisément pour objectif de montrer, c'est qu'il est possible de compenser les inégalités par l'emploi de deux échelles permettant de déplacer le curseur d'une quantité convenable, selon la conductibilité relative du fil-étalon et les petites différences de diamètre ou de masse entre ce fil et l'un quelconque des fils d'épreuve.

L'exposé de cette méthode de mesure et la description et l'application de l'appareil dit « conductomètre » appelé à la réaliser constituent la première partie de cette plaquette, dont la seconde est réservée à la définition, la mesure, etc., de la conductibilité électrique proprement dite. Le tout est, malheureusement, fait au point de vue anglais seul, sans aucun souci des unités C.G.S. ou internationales, et avec toutes les complications aussi... personnelles que peu rationnelles et incommodes de mesures dont nos voisins d'Outre-Manche ont la spécialité de s'encombrer à plaisir en en infestant la science. Nous leur en laissons l'honneur. E. Boistel.

Traité pratique du Transport de l'énergie par l'électricité, par L. Bell; traduction Lehmann. — *Vve Ch. Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 255 × 160 mm; 714 pages. Prix, broché : 25 fr.

Le nom de M. Louis Bell est trop avantageusement connu pour que la traduction française d'une de ses œuvres ne soit pas favorablement accueillie chez nous, surtout en présence du petit nombre d'ouvrages didactiques complets sur l'ensemble de la question ici traitée. En raison même de cette rareté, il eût peut-être été utile de franciser un peu plus le sujet; mais à cheval donné on ne regarde pas la bride, et, à défaut d'une œuvre plus originale, il ne nous déplaît pas de voir traitée à l'américaine une matière qui a pris au delà de l'Atlantique une importance de premier ordre, en rapport tant avec les sources naturelles d'énergie existant en Amérique qu'avec l'esprit d'entreprise et les moyens d'exécution propres à ce pays qui, à défaut d'autres qualités, cherche toujours et avant tout à faire, quand même, plus grand qu'il n'a été fait ailleurs. Nous y gagnons toutefois pour la résolution des mêmes problèmes ces vues éminemment pratiques qui ne se rencontrent pas chez nous et auxquelles notre esprit plus méthodique ne sait pas assez sacrifier d'une manière générale, et en particulier dans les ouvrages de ce genre, sans tomber immédiatement dans une vulgarisation trop différente du point de départ initial. Aussi ne devra-t-on pas s'étonner de trouver enchaînées les unes aux autres, dans cet ouvrage, des considérations théoriques et des considérations financières, l'auteur ne perdant jamais de vue que l'industriel cherche avant tout, dans des appareils bien étudiés et construits la mise en œuvre de procédés économiques et pratiques.

L'auteur ne se borne pas d'ailleurs à l'étude du côté électrique de la question; il embrasse l'ensemble du problème, depuis la station génératrice à vapeur ou hydraulique jusqu'aux systèmes de distribution, en menant toujours de front la solution technique et la solution commerciale du problème à laquelle est réservé tout un chapitre spécial. E. Boistel.

Cours d'Électricité pratique, par Max Baron. — *A. Challamel*, éditeur, Paris, 1904. — Format : 250 × 155 mm; 452 pages.

Si nous récapitulions tous les Cours d'Électricité dont nous avons eu, depuis quelque douze ans, à parler dans ces notes bibliographiques, nous en aurions déjà un certain nombre à aligner et nous ne sommes certainement pas au bout de nos p... laisirs. Qu'il le veuille ou non, chaque professeur ou ingénieur chargé de cours est, en effet, conduit à publier un jour ou l'autre ses leçons. Soit qu'il se complaise à voir son nom imprimé au dos d'un livre ou qu'il y trouve matière à avancement dans sa carrière, soit qu'il cède aux reconnaissantes et flatteuses instances de quelques élèves, heureux de lui apporter eux-mêmes, sauf revision, la rédaction de son propre cours faite par eux-mêmes, ils y passent tous, ou du moins presque tous, les manquants sur la liste étant généralement ceux dont on regrette le plus l'absence. Est-ce à dire pour cela que les auteurs aient conscience d'avoir fait œuvre nouvelle, vraiment digne de la publicité générale que ne manquent pas de faire leurs éditeurs? Je les estime trop intelligents, spirituels et

modestes (notamment ceux qui ne publient rien) pour le croire. Leur objectif est tout au plus de rendre service à leurs disciples présents et surtout futurs, en leur montrant comment et dans quelle mesure doit être interprété le programme, toujours un peu élastique, dans lequel ils sont tenus de se mouvoir, de manière à ne pas laisser leur ardeur juvénile s'emporter et s'égarer sur des questions assurément très intéressantes, mais à côté et de nature à leur faire perdre de vue l'objet immédiat de leurs études. Ces publications sont en même temps une précieuse indication pour les candidats aux écoles où se professent lesdits Cours, indication qui les guide dans leur voie en leur donnant la gamme des connaissances qu'ils seront appelés à acquérir.

L'intérêt est-il le même pour le public en général? C'est plus douteux, étant donné que le mode d'exposition ne diffère guère, de l'un à l'autre de ces Cours, que par ce qu'il est plus ou moins scientifique, technique ou pratique, ce qui réduit singulièrement le rôle du bibliographe auquel il suffit d'indiquer le titre et l'objet du livre.

Le Cours en question est donc celui professé à l'École supérieure de Maistrance, de Brest; il est la suite, mise à jour, du Cours bien antérieurement connu ([1]) de M. Callou et semble faire partie, d'après son titre, d'une série d'ensemble dite « L'Électricité dans la Marine ».

Nous ne pouvons qu'en signaler l'apparition et appeler, comme toujours, l'attention du maître sur l'importance primordiale des définitions justes et des vues parfaitement claires et exactes dans un enseignement de l'ordre de celui qui lui est dévolu. E. Boistel.

([1]) Voy. *L'Industrie électrique*, 1894.

Accessoires des chaudières, par G. Franche. — *H. Paulin et Cie*, éditeurs, Paris, 1905. — Format : 255 × 165; 384 pages. — Prix : 8 fr.

A peine sortons-nous du « Graissage industriel » publié par l'auteur, en collaboration avec M. Têtedoux, que nous voici en présence d'un nouvel ouvrage industriel du même auteur et dans l'attente d'autres du même genre déjà annoncés. M. Franche, à en juger par son passé, ce présent et cet avenir, semble s'être fait une spécialité de tout ce qui se rattache plus ou moins directement à la mécanique appliquée, ce qui donne un vaste champ industriel à ses publications.

Ses livres récents, et notamment ses « Accessoires des chaudières » semblent cependant, d'après les sous-titres mis en vedette, avoir plus particulièrement en vue, conformément à la profession de l'auteur, essayeur diplômé, l' « Épuration des eaux » employées dans les chaudières. Comment sont venues s'y greffer, en dehors de toute originalité et compétence apparente particulière, la « Législation » et la Réglementation relatives aux appareils à vapeur, qui occupent, à elles seules, le quart de l'ouvrage? Nous n'avons pas la prétention de l'expliquer et nous nous contentons de constater que l'ensemble forme un tout plus ou moins bien pondéré, mais bon pour tous, y compris les électriciens, dont le sort est aujourd'hui si intimement lié à celui des mécaniciens.

E. Boistel.

Recueil de Législation concernant la propriété industrielle et commerciale, par E. Bernard, éditeur, Paris, 1904. — Format : 19 × 13 cm ; 314 pages.

Sous un aspect officiel habilement ménagé par l'ordre, la disposition, la multiplicité et le libellé de ses titres et sous-titres,

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE, DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Office national de la Propriété industrielle,

ce livre est, comme le dit, dans son avertissement, l'auteur-éditeur, un simple recueil privé renfermant les textes des Lois qui régissent actuellement, en France, les diverses manifestations de la Propriété industrielle (Brevets d'invention, Marques de fabrique ou de commerce, Dessins et modèles industriels, Nom commercial, Concurrence déloyale [nous ne voyons pas bien comment la Concurrence déloyale est une manifestation de la propriété industrielle], Indications de provenance, Secrets de fabrication, Médailles et récompenses industrielles, Expositions publiques), en même temps que les différentes conventions de l'Union et un résumé succinct des diverses prescriptions à observer dans les pays étrangers pour la protection des inventions brevetables et des marques de fabrique.

Officiel ou non, ce recueil, extrait des renseignements publiés par le Bureau international de Berne dans le journal *La Propriété industrielle*, n'en serait pas moins utile à ceux qu'il intéresse sans cet aveu d'une naïveté charmante et, à ce titre, vraiment digne d'encouragement, que nous relevons dans l'avertissement de l'éditeur : « La hâte d'aboutir nous a déterminé à ne pas retarder « cette publication, malgré des *lacunes* et des *imperfec-* « *tions que nous pourrions signaler nous-même à nos* « *lecteurs; nous ne le faisons pas, pour leur laisser le* « *plaisir de la découverte personnelle*, en les remerciant « d'avance des observations qu'ils pourront formuler et « dont nous nous ferons un devoir de tenir compte dans « une seconde édition ». Ce petit boniment vaut, à mon sens, son pesant d'or, et c'est bien ce qu'espère l'auteur : « Hâtez-vous, dit-il en substance aux amateurs, de m'acheter cette édition défectueuse pour me permettre de vous en vendre le plus tôt possible une meilleure dont vous aurez vous-mêmes fait tous les frais ». — Excusez-moi si je me trompe. E. Boistel.

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

Station centrale d'Électricité de Bolbec. — Cette Société a été constituée le 5 décembre 1904. Elle a pour objet l'exploitation dans Bolbec et dans toutes les communes voisines de toutes concessions pour l'éclairage électrique public ou privé, la production et la distribution de force et d'énergie électrique; ensemble toutes installations et opérations s'y rattachant.

Le Siège de la Société est fixé à Paris, rue de Sontay, n° 2. Il pourra être transféré dans tout autre endroit par simple décision du Conseil d'administration.

La durée de la Société sera de vingt ans, sauf les cas de prorogation ou de dissolution anticipée prévus aux statuts.

Mme Vve Fèvre et M. Fèvre apportent conjointement à la Société sous les garanties ordinaires et de droit :

1° L'Établissement industriel d'éclairage électrique, de production et de distribution de force et d'énergie électrique, tel qu'il est exploité à Bolbec (Seine-Inférieure), rue Croix-Brochard, comprenant : sa clientèle et l'achalandage y attachés; le bénéfice de toutes concessions et de tous traités, tant pour l'éclairage public que pour l'éclairage privé et profitant aux apporteurs dans Bolbec et dans les communes voisines; le mobilier garnissant le bureau; les marchandises neuves et approvisionnements en matières premières concernant l'exploitation, qui se trouvaient dans l'usine au moment de la constitution de la Société et devant représenter à cette époque une valeur marchande d'au moins 10 000 fr.;

2° Les immeubles composant ladite station électrique de Bolbec comprenant : *a*, un corps de bâtiment élevé d'un rez-de-chaussée couvert en ardoises et divisé en trois parties : 1° le bureau et les magasins: 2° la salle des machines contenant trois machines à vapeur, dont une Weyher et Richemond, une Matter et Cie, une Boyer de Lille; trois machines électriques (alternateurs Patin); 3° une autre partie contenant trois chaudières, système Babcock et Wilcox; le matériel, les canalisations, les câbles, poteaux, compteurs et autres objets servant à l'exploitation de l'établissement dont il s'agit.

L'estimation totale de l'apport fait par Mme Vve Fèvre et M. Fèvre est de 375 000 fr. En échange de cet apport, il est attribué à Mme Vve Fèvre et à M. Fèvre 630 actions entièrement libérées de 500 fr chacune à prendre dans les 680 actions formant le capital social.

Celui-ci est fixé à 340 000 fr divisé en 680 actions de 500 fr chacune dont, comme il est indiqué ci-dessus, 630 actions d'apports et 50 souscrites en espèces.

Le capital pourra être augmenté en une ou plusieurs fois, comme aussi il pourra être réduit, le tout par décision de l'Assemblée générale des actionnaires de la Société, prise sur la proposition du Conseil d'administration. Les augmentations de capital pourront être faites au moyen, soit d'apports en nature, soit d'émissions successives contre espèces de séries d'actions.

Dans le cas d'augmentation de capital en numéraire, l'Assemblée, sur la proposition du Conseil d'administration, règle par ses délibérations les conditions auxquelles les nouvelles actions devront être émises et les propriétaires des actions anciennes auront, dans la proportion des titres par eux possédés, un droit de préférence à la souscription des actions nouvelles, dont l'exercice sera réglé par le Conseil d'administration.

La Société sera administrée par un Conseil composé de trois membres au moins et sept au plus nommés par l'Assemblée générale des actionnaires.

Chaque administrateur doit être propriétaire, pendant toute la durée de son mandat, de cinq actions nominatives et inaliénables.

La durée des fonctions des administrateurs est de six ans. Le premier Conseil nommé se renouvellera cependant chaque année ou tous les deux ans en nombre suffisant pour que la durée des fonctions de chaque administrateur ne soit pas de plus de six ans. Si ce renouvellement ne peut s'effectuer par fractions égales, la fraction la plus forte sera renouvelée la dernière.

Pour les premières applications de cette disposition, le sort indiquera l'ordre de sortie; une fois le roulement établi, le renouvellement aura lieu par ancienneté de nomination.

Le Conseil a les pouvoirs les plus étendus, sans limitation et sans réserve pour agir au nom de la Société ou autoriser toutes les opérations relatives à son objet.

L'Assemblée générale ordinaire se réunira chaque année dans le trimestre qui suivra la clôture de l'exercice, sur la convocation du Conseil d'administration. Elle se réunit, en outre, extraordinairement toutes les fois que le Conseil d'administration ou les commissaires en reconnaitront l'utilité.

Les convocations pour les Assemblées générales ordinaires ou extraordinaires sont faites au moins quinze jours avant la réunion pour les Assemblées ordinaires, et au moins huit jours avant la réunion pour les Assemblées extraordinaires.

Pour les Assemblées extraordinaires, les avis doivent indiquer sommairement l'objet de la réunion.

L'Assemblée générale se compose de tous les actionnaires propriétaires de cinq actions. Tous propriétaires de moins de cinq actions pourront se réunir pour former le nombre nécessaire et se faire représenter par l'un d'eux.

L'Assemblée générale ordinaire est régulièrement constituée, lorsque les membres présents ou représentés réunissent au moins le quart du capital social. Si sur une première convocation l'Assemblée ne réunit pas le quart du capital social, il en est convoqué une seconde, en observant les mêmes formes et délais que pour la première convocation et elle délibère valablement, quelle que soit la portion du capital représentée par les actionnaires présents, mais seulement sur les affaires à l'ordre du jour de la première Assemblée.

L'Assemblée générale extraordinaire n'est régulièrement constituée et ne délibère valablement qu'autant qu'elle est composée d'actionnaires représentant au moins la moitié du capital social.

L'année sociale commence le 1er janvier et finit le 31 décembre. Par exception, le premier exercice comprendra le temps du jour de la constitution définitive de la Société au 31 décembre 1905.

L'actif, déduction faite du passif, constitue les bénéfices. Sur les bénéfices, il est prélevé :

1° 5 pour 100 pour constituer la réserve légale;

2° La somme nécessaire pour servir 5 pour 100 aux actionnaires sur le montant du capital dont les actions sont libérées.

Le surplus des bénéfices sera réparti comme suit : 10 pour 100 au Conseil d'administration; — 90 pour 100 aux actions.

Toutefois, le Conseil pourra toujours avant toute répartition des bénéfices et indépendamment de la réserve statutaire et après prélèvement de cette réserve, de 5 pour 100 aux actions à titre de premier dividende, affecter telle partie des bénéfices qu'il jugera convenable à la création de tout fonds d'amortissement et de prévoyance.

Le premier Conseil d'administration est composé de : MM. Fernand Fèvre, banquier, à Tonnerre, Yonne; — Louis-Théophile Mazoyhié, avocat, demeurant à Paris, rue de Saint-Pétersbourg, n° 7; — et Jean-Frédéric-Auguste Jourdain, directeur de l'usine électrique de Bolbec; — M. Pierre-Joseph Mazoyhié a été choisi pour remplir les fonctions de commissaire.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

54 380. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 315 10 Février 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

L'accumulateur E. I. t. — On fait actuellement grand bruit, dans la presse politique et sportive, d'un accumulateur étudié par M. Jeantaud, avec le concours de M. Rosset, accumulateur dont il avait été question il y a deux ans environ, sous le nom très suggestif de *Le Messie*, et qui, pour des considérations absolument étrangères à la technique, est devenu l'accumulateur « *E.I.t.* ».

D'après les renseignements qu'a bien voulu nous fournir M. Rosset, cet élément appartient au type plomb-plomb, à formation hétérogène, à plaques positives et négatives empâtées par tartinage à l'aide d'oxydes de plomb d'une préparation spéciale qui constitue le secret de l'invention. Ces oxydes spéciaux permettraient d'obtenir une tension utile moyenne supérieure de 5 pour 100 à celle des accumulateurs plomb-plomb ordinaires et à masse de matière active égale, une capacité supérieure de 33 à 50 pour 100 à celle des accumulateurs empâtés à la litharge et au minium ordinaires.

Il résulte des expériences faites au Laboratoire central d'électricité de la Société internationale des Électriciens, qu'un accumulateur *E.I.t.*, apporté tout chargé au laboratoire, a fourni une énergie massique de 41,2 watts-heure par kilogramme, avec une force électromotrice initiale de 2,29 volts, une différence de potentiel utile initiale de 2,07 volts, la décharge étant continuée jusqu'à 1,7 volt, au régime moyen de 5,5 watts par kilogramme.

La densité de l'électrolyte était de 1,32 (35° Baumé) au commencement de la décharge et de 1,16 (20° Baumé) à la fin.

Le fait d'un accroissement d'énergie massique comparée à celle des accumulateurs d'automobile d'un emploi courant est indéniable, car ces derniers ne fournissent guère plus de 25 watts-heure par kilogramme de poids total, mais on peut se demander si la densité véritablement inusitée de la solution acidulée sulfurique ne suffit pas pour expliquer simplement à la fois l'accroissement de force électromotrice et l'accroissement de capacité sans avoir recours à l'hypothèse d'oxydes spéciaux fournissant des composés allotropiques du plomb?

Rappelons que le 16 octobre 1901, M. Krieger a pu faire parcourir à une voiture électrique 307 km sans recharge, que la force électromotrice initiale était de 2,15 volts par élément, et que l'énergie massique calculée d'après la performance de la voiture était d'environ 38 watts-heure par kilogramme. Cette expérience n'eut pas de lendemain, et nous n'avons jamais su ce que sont devenus les accumulateurs après cette

randonnée que nous qualifiâmes à l'époque de curiosité, de tour de force et d'acrobatie électrique (1).

L'eau acidulée sulfurique avait une densité initiale de 1,285 (32° Baumé), c'est-à-dire inferieure à celle de l'électrolyte de l'accumulateur *E. I. t.*

Nous réservons donc notre opinion définitive sur le nouvel élément jusqu'au jour où nous aurons eu l'occasion de faire une série de charges et de décharges successives assez nombreuses pour calmer nos inquiétudes relatives à la durée des plaques d'accumulateurs dans un liquide électrolytique aussi riche en acide.

La grève des ouvriers de la Compagnie continentale Edison. — Les ouvriers de la Compagnie Edison se sont mis en grève le 3 février. Cette grève, en voie d'apaisement, avait pour cause, ou pour prétexte, la non-application de l'article 25 du Cahier des charges, ainsi conçu :

« *Art.* 25. — La proportion des ouvriers étrangers employés par le permissionnaire ne devra pas excéder 1/10°.

« La journée de travail sera de neuf heures.

« L'heure de travail de l'ouvrier électricien et mécanicien sera payée au minimum, 0,80 fr de six heures du matin à six heures du soir, 1,20 fr de six heures du soir à minuit, 1,60 fr de minuit à six heures du matin.

« Ces prix minima seront revisés tous les cinq ans et varieront dans la même proportion que la moyenne des salaires portés à la série de la ville de Paris.

« Pour les travaux prévus à la série des prix de la ville de Paris, les prix de salaires seront ceux portés à la série.

« Le travail à forfait sera interdit.

« Les permissionnaires seront tenus d'assurer contre les accidents les ouvriers qu'ils emploieront, sans retenue sur les salaires.

« Toutes les garanties utiles de sécurité des travailleurs et du public seront prises suivant les indications de l'Administration ».

La Compagnie Edison déclare avec raison que cet article est inapplicable, et nous nous étonnons qu'il ait pu être proposé d'une part et accepté de l'autre, à moins qu'une entente tacite ne soit intervenue entre l'Administration et les secteurs pour en négliger l'application.

Cette grève a fait couler beaucoup d'encre et dire bien des... curiosités, mais aucune d'elles n'égale celle que *La Presse* du 5 février a recueillie de la bouche de M. Poirier de Narçay, conseiller municipal de Montrouge. Voici le passage le plus savoureux :

« Si nous avions un gouvernement démocratique et un
« Conseil municipal agissant et vraiment socialiste, ce der-
« nier ne devrait pas hésiter, sans se préoccuper de la forme,
« à prononcer la déchéance pour cause d'utilité publique, et
« les pouvoirs législatifs et exécutifs, y compris le Conseil
« d'État, devraient aussi, sans hésitation, approuver cette
« résolution. Mais c'est bien trop simple et énergique pour
« nos politiciens ».

Quelques-uns de nos édiles ont vraiment une conception bien singulière de l'industrie et de la liberté, et l'on frémit en pensant ce que deviendraient les exploitations du gaz et de l'électricité placées sous la coupe directe de gens animés de cette mentalité. Que le sort en préserve toujours notre bonne ville de Paris !

Bureau d'achat de lampes à incandescence du syndicat des usines électriques autrichiennes. — A la suite de nombreuses plaintes provenant principalement des usines peu importantes qui n'ont pas les ressources nécessaires pour procéder à l'essai des lampes qu'elles emploient, l'Assemblée générale du syndicat a décidé d'installer un bureau d'achat et de réception des lampes, que ce bureau livrera ensuite aux diverses usines. Ce bureau, ainsi que les laboratoires en dépendant, vient d'être installé à Vienne, et nous empruntons à la *Zeitschrift für Electrotechnik*, les renseignements suivants sur les conditions de réception des lampes, ces conditions ayant été etablies d'accord avec le syndicat des usines allemandes.

Les lampes seront désignées par la tension qui a servi lors des essais photométriques à l'usine ; elles devront porter l'indication de leur intensité lumineuse, et porteront en outre l'une des lettres A, B ou C, suivant leur consommation de courant plus ou moins élevée.

La tension de désignation ne doit différer de la tension de la commande que des chiffres indiqués dans le tableau ci-dessous :

TENSION DE COMMANDE EN VOLTS.	VALEURS LIMITES DE LA TENSION DÉSIGNÉE EN VOLTS. INFÉRIEURE.	SUPÉRIEURE.	TENSION DE COMMANDE EN VOLTS.	VALEURS LIMITES DE LA TENSION DÉSIGNÉE EN VOLTS. INFÉRIEURE.	SUPÉRIEURE.
50	48	52	140	137	143
65	63	67	150	146	154
70	68	72	160	156	164
80	78	82	170	166	174
90	88	92	180	176	184
100	98	102	190	185	195
105	103	107	200	195	205
110	108	112	210	205	215
115	113	118	220	215	225
120	117	123	230	225	235
125	122	128	240	225	246
130	127	133			

Au plus 40 pour 100 de la quantité totale des lampes essayées doit atteindre la limite supérieure indiquée dans le tableau.

Afin de tenir compte des erreurs d'essai on tolérera pour 5 pour 100 des lampes essayées une tension différant de 1 pour 100 des limites indiquées ci-dessus.

Pour savoir si les limites ne sont pas dépassées, on recherchera pour quelle tension les lampes ont l'intensité fixée à la commande.

Lors de la recherche de la vraie dépense en watts, qui est à fixer avec la tension désignée, on peut admettre encore une variation de 4 pour 100 en plus ou en moins des valeurs indiquées au tableau suivant :

INTENSITÉ LUMINEUSE EN BEFNERS.	TENSION DE COMMANDE EN VOLTS.	DÉPENSES EN WATTS SUIVANT LA MARQUE DE LA LAMPE. A.	B.	C.
	45 à 115	»	19	21
	116 à 155	19	22	24
10	45 à 115	28	33	36
	116 à 155	31	36	40
	156 à 240	35	41	45
16	45 à 115	45	50	55
	116 à 155	48	53	59
	156 à 240	49	57	63
25	45 à 115	67	78	86
	116 à 155	72	84	92
	156 à 240	76	89	98
32	45 à 115	86	100	110
	116 à 155	92	107	118
	156 à 240	98	114	126

Les lampes marquées A, B, C devront avoir une durée de 300, 600 et 800 heures respectivement.

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 236, du 25 octobre 1901, p. 465.



Le prix des essais sera d'environ 6 centimes par lampe. Des bureaux semblables vont être incessamment installés en Allemagne, en Italie et en Suisse.

Statistique des stations centrales en Allemagne. — L'*Elektrotechnische Zeitschrift*, du 12 janvier, publie la liste des stations centrales publiques en Allemagne et donne les renseignements suivants. La liste comprend 1028 stations, et comme il y en a environ 70 qui, par suite de manque de renseignements, n'ont pas été comprises dans la liste, le total des stations centrales en Allemagne s'élève à 1100 environ. Les 1028 stations comprises dans la liste desservent 5 687 382 lampes à incandescence de 50 watts ou leur équivalent, 110 856 lampes à arc de 10 ampères et des moteurs (non compris ceux des tramways) ayant une puissance d'environ 193 600 kw, ce qui représente un total de 11 530 590 lampes de 50 watts ou 576 530 kw. Le nombre total des compteurs installés est de 247 344. Quant à la puissance des centrales elle se répartit comme l'indique le tableau ci-dessous.

Puissance.	Nombre des stations d'après la puissance des moteurs seuls.	Nombre des stations d'après la puissance totale des machines et des accumulateurs.
Jusqu'à 100 kilowatts	555	584
De 101 à 500 —	341	459
De 501 à 1000 —	57	93
De 1001 à 2000 —	28	40
De 2001 à 5000 —	27	31
Au-dessus de 5000 —	20	21
	1028	1028

Parmi les usines de plus de 5000 kw, trois sont situées à Berlin (Société des stations de Berlin, 35 136 kw, Moabit avec 30 000 kw et Obersprée avec 25 895 kw).

Les usines desservent 995 localités; tandis que dans certaines localités importantes (Berlin, Hambourg, Munich, etc.), il existe plusieurs centrales, par contre il existe des centrales desservant simultanément plusieurs localités, par exemple la centrale de Brühl de la Société Berggeiste qui dessert 66 localités, la centrale de la Haute-Silésie qui dessert en lumière et en énergie tout le district industriel, etc.

Si l'on considère le mode de production de l'énergie, les centrales se divisent comme il est indiqué ci-dessous :

Mode de production de l'énergie.	Nombre des stations.	Puissance totale des moteurs en kw.
Vapeur	570	311 218
Hydraulique	109	14 517
Gaz	94	10 050
Moteur Diesel	2	295
Électricité (provenant d'une autre station)	3	1 125
Moulin à vent	1	220
Systèmes mixtes :		
Hydraulique et à vapeur	208	60 672
Hydraulique et à gaz	16	1 382
Vapeur et gaz	10	2 006
Hydraulique et moteurs à essence	4	142
Hydraulique, vapeur et gaz	4	625
Gaz, vapeur et essence	1	70
Hydraulique, vapeur et essence	1	70
Électricité et vapeur	3	1 850
	1028	434 882

Tandis qu'en Suisse beaucoup de stations ne font uniquement que répartir le courant qu'elles achètent à une centrale, en Allemagne il n'existe qu'une station de ce genre, celle de Spandau, qui reçoit le courant de Berlin.

Au point de vue du genre de courant employé pour la distribution, les usines se classent comme il suit :

Système de courant.	Nombre des stations	Puissance en kilowatts. Machines.	Accumulat.	Puissance totale en kilowatts.
Courant continu avec accumulateurs	803	175 263	69 957	245 220
Courant continu sans accumulateurs	40	2 346	»	2 346
Courant alternatif (1 ou 2 phases)	41	37 517	100	37 717
Courant triphasé	63	69 054	1 532	70 586
Générateurs monocycliques	2	1 030	152	1 182
Systèmes mixtes :				
Courant triphasé et continu	64	141 330	23 169	164 499
Courant alternatif et continu	15	8 542	855	9 397
Total	1028	434 842	96 065	530 947

Au point de vue de l'augmentation du nombre de stations depuis 1894, le tableau suivant donne des renseignements très intéressants.

Année.	Nombre des stations	Puissance installée. Nombre de lampes de 50 watts.	Nombre de lampes à arc de 10 ampères.	Puissance des moteurs en chevaux non compris ceux de tramways
1894	148	493 801	12 357	5 635
1895	180	602 986	15 396	10 254
1897	265	1 0 5 785	25 024	21 809
1898	375	1 429 621	32 586	35 867
1899	489	1 940 744	41 172	68 629
1900	632	2 628 893	50 070	103 368
1901	768	3 403 205	64 2.8	141 414
1902	870	4 200 203	84 891	192 059
1903	959	5 0 0 584	93 415	218 953
1904	1028	5 687 382	110 856	263 053

On voit que si dans ces dernières années l'énergie employée à la distribution de la lumière a relativement peu augmenté, l'énergie motrice a pris par contre un développement considérable même dans les anciennes centrales, c'est ce qui ressort du reste du tableau suivant donnant des renseignements sur l'exploitation de la Société des usines d'électricité de Berlin depuis 1885.

Dates.	Puissance distribuée en kilowatts. Pour lumière.	Pour énergie motrice sans les tramways.	Nombre des moteurs desservis.	Nombre des consommateurs pour lumière et énergie.
31 décembre 1885.	250	0	0	60
— 1886.	645	0	0	1 6
30 juin 1888	2 025	0	0	416
— 1889	2 457	65	17	475
— 1890	3 898	112	28	872
— 1891	5 333	268	76	1 314
— 1892	6 856	520	121	1 782
— 1893	8 054	802	252	2 100
— 1894	9 101	1 333	380	2 580
— 1895	10 752	2 252	663	2 930
— 1896	12 975	4 633	1 317	3 750
— 1897	14 601	7 224	2 0 6	4 607
— 1898	15 956	10 044	2 873	5 452
— 1899	18 071	13 558	3 858	6 093
— 1900	21 122	22 057	5 764	7 173
— 1901	24 684	28 612	7 578	8 328
— 1902	28 016	2 115	8 920	9 434
— 1903	31 52	38 114	10 817	10 575
— 1904	36 193	44 4.8	12 933	12 265

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne). — *Traction électrique.* — Un groupe composé d'habitants du canton et de financiers parisiens a résolu de créer un tramway électrique reliant Luchon aux cascades d'Enfer et du Cœur, dans la vallée du Lys.

Après de longs mois d'études et de formalités administratives, il a été dressé un avant-projet sur lequel on ouvre aujourd'hui même une enquête d'utilité publique.

La Chambre de commerce et les Conseils municipaux des communes dont la voie projetée doit traverser le territoire sont appelés à exprimer leur opinion sur la convenance et l'utilité de ce tramway.

La création d'une voie électrique entre Luchon et la vallée du Lys constituera un attrait de premier ordre susceptible d'augmenter le bon renom de la station et d'amener une clientèle plus considérable de visiteurs.

Brest. — *Traction électrique.* — Dans une de ses dernières séances, le Conseil municipal de Saint-Pierre Quilbignon s'est occupé du prolongement de la ligne des tramways électriques de Saint-Pierre au Conquet.

On sait que la Compagnie demande le prolongement de Saint-Pierre à la porte du Conquet à Brest.

Le Conseil municipal, considérant qu'aucune réclamation ni observation n'a été présentée au cours de l'enquête à laquelle il a été procédé, est d'avis que l'établissement de la voie en accotement surélevé est avantageux au point de vue de la sécurité, la plateforme du tramway étant ainsi nettement séparée de la chaussée réservée à la circulation ordinaire.

ÉTRANGER

Berlin. — *Traction électrique.* — Le nouveau chemin de fer souterrain ou Métropolitain de M. Krause, de Berlin, vient de recevoir la sanction officielle. Il partira du Kreusberg en dessous de Belleallianceestrasse, parcourera le Friedrichstrasse, le Chausséestrasse, Mullerstrasse et Seestrasse.

La longueur de la ligne est de 18,640 km, et le coût de la construction est estimé à 50 millions de marks.

Le prix du parcours est fixé comme suit : 1re classe, 1 mark et 2e classe, 0,5 mark.

Les voitures adoptées sont du type américain, c'est-à-dire avec un couloir central au milieu du wagon. Elles seront actionnées électriquement par le système du 3e rail.

L'éclairage sera également électrique. La vitesse maximum autorisée est de 40 km : h. Les souterrains seront puissamment ventilés et de nombreuses sorties assureront la sécurité des voyageurs en cas d'accident.

Lugano (Italie). — *Transmission d'énergie.* — Le *Corriere del Ticino* nous apprend que le grand Conseil examinera prochainement la demande de la Société Gadda et Cie, de Milan, au sujet de la concession et du transport à l'extérieur de la force motrice hydraulique du Ritam.

C'est là une intéressante question, mais qui, comme le fait remarquer le *Corriere*, a déjà été posée en janvier 1903, par la Société Kerles et ne fut pas prise en considération.

Le *Corriere* s'étonne du rejet de la demande Kerles, alors que l'on semble disposé à accueillir celle de la Societé Gadda, et demande la raison de ce privilège. Les choses en sont là.

CORRESPONDANCE

Exposition de Liège.

Paris, 25 janvier 1905.

Mon cher ami,

Sous le titre *Incident de l'Exposition de Liège*, les journaux politiques font grand bruit, depuis quelque temps, de protestations de la Société des Artistes français et de la Société nationale des Beaux-Arts contre la composition du Comité d'admission de l'Exposition de Liège.

Qu'y a-t-il là-dessous? Je n'en sais rien et n'ai pas à le rechercher; mais, puisque exposition il y a, notre industrie électrique ne doit-elle pas y être représentée? Et, dans le cas de l'affirmative, comment se fait-il qu'aucun de nos journaux techniques n'en parle et n'ait encore donné la composition, au moins, du Comité d'admission qui doit être nommé depuis longtemps?

Notre industrie serait-elle ici encore victime de quelque intrigue et de l'ingérence ou de la main-mise de certaines personnalités sans mandat, encombrantes, avides de rubans et d'autant moins désireuses d'appeler trop tôt sur elles l'attention des initiés qu'elles sont moins désignées que qui que ce soit, à aucun égard, pour représenter une industrie à laquelle elles n'appartiennent pas et où elles se sont subrepticement insinuées?

Il m'a semblé que le titre même de votre journal le désignait expressément comme le porte-drapeau ou, en tous cas, le défenseur de l'*industrie électrique* et qu'il vous incombait mieux qu'à personne de la renseigner, au moins, sur ce point comme sur bien d'autres.

En vous le demandant, je vous renouvelle l'expression de ma bien cordiale amitié. E. Boistel.

Nous regrettons bien vivement de n'être pas en mesure de renseigner notre collaborateur et ami, M. Boistel, au sujet de la composition du Comité d'admission de l'Exposition de Liège. Jusqu'à ce jour, il ne nous a été fait *aucune* communication relative à cette Exposition, et nous ignorons au nom de qui il a pu être fait appel à la participation des industriels français, et dans quelle mesure ils auront répondu à l'invitation de ce comité occulte, pour ne pas dire secret. É. H.

Lampes à arc Jandus et Regina.

Monsieur et cher camarade,

Je lis avec surprise, dans votre numéro 314 du 25 janvier 1905, à la page 42, sous la signature C. D., un article présentant la lampe Regina comme ayant apporté des changements importants au type de lampes à arc en vase clos et notamment : le mécanisme fonctionnant en vase clos, la soupape de sûreté, le mécanisme lui-même (cylindre, piston, noyau d'électro), le système de défilage, la simplicité du mécanisme, le dispositif de mise hors circuit automatique.

La bonne foi du signataire a dû être surprise, car il est de notoriété publique que tous ces points sont contenus dans les lampes Jandus et font le sujet des brevets de l'inventeur en date de 1895 et 1896, alors que la lampe Regina n'a été conçue dans l'esprit de son auteur qu'alors qu'il était ingénieur au service de la Société exploitant les brevets Jandus en Allemagne, en 1900, si ma mémoire est exacte.

Ce n'est pas une question de personnes, ni de mercantilisme qui m'oblige à remettre les choses au point, mais j'ai été habitué à voir les informations de votre publication plus exactes, et il aura suffi que je vous signale le fait pour que justice soit rendue à l'inventeur, M. W. Jandus, dont la lampe, sans aucun esprit de boutique, est fort copiée, et sans que les copistes aient pu trouver mieux à ce jour.

Veuillez agréer, etc. Lecomte.



LAMPE A INCANDESCENCE AU TANTALE

SIEMENS ET HALSKE

La maison Siemens et Halske vient de communiquer à la Société électrotechnique de Berlin le résultat de recherches poursuivies chez elle depuis plusieurs années et qui ont abouti à la création d'une nouvelle lampe à incandescence dont nous résumons ci-dessous les très intéressantes particularités empruntées à la susdite communication.

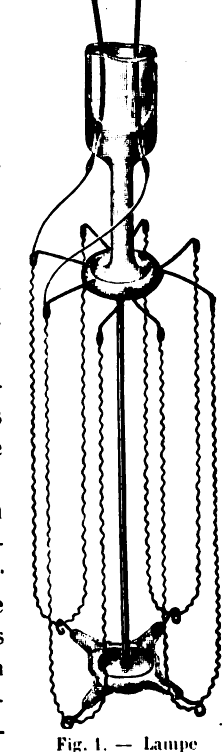
Principe. — Partant de ce principe que la portion visible des radiations d'un corps incandescent augmente progressivement avec la température à laquelle il est porté, on est conduit à cette conclusion que la lampe la plus économique sera celle dont le filament supportera la température la plus élevée.

Essais divers. — Dans ces conditions, le vanadium, puis le niobium et finalement le tantale, faisant tous trois partie du même groupe de métaux et dont les poids atomiques sont sensiblement doubles l'un de l'autre, ont fait l'objet des recherches de leur laboratoire. Le dernier de ces corps a finalement été retenu comme répondant de façon satisfaisante aux multiples exigences du problème.

Tantale. — Sans entrer dans le détail des procédés employés pour obtenir ce métal à l'état pur sous forme de filaments souples, et sans nous arrêter aux remarquables propriétés chimiques du métal ainsi obtenu par le Dr von Bolton, chef du laboratoire de la maison Siemens, nous dirons seulement qu'elles diffèrent sensiblement de celles attribuées jusqu'ici au même métal plus ou moins carburé. Il est en tout cas très ductile et d'une remarquable ténacité.

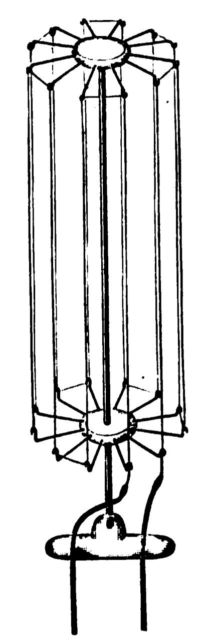
Plus immédiatement intéressantes sont pour nous les propriétés électriques du corps pur finalement obtenu. Sa résistivité, à la température ordinaire, est de 16,5 microhms-centimètre. Son coefficient de température est positif et égal à 0,003 entre 0° et 100° C. A la température prise par le filament incandescent dans la lampe, à 1,5 watt par hefner, la résistivité ci-dessus s'élève à 83 microhms-centimètre. Son coefficient de dilatation linéaire sous l'action de la chaleur est, entre 0° et 60° C, de 0,0000079 d'après des essais officiels. La fusion en est précédée par un ramollissement progressif qui paraît s'étendre sur une plage de température de quelques centaines de degrés. Sa chaleur spécifique étant de 0,0365, sa chaleur atomique est de 6,64, conforme en cela à la loi de Dulong et Petit.

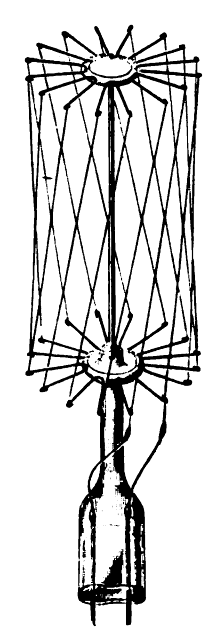
Construction de la lampe. — A son passage du laboratoire au département des lampes, le point de fusion très élevé du tantale pur, sa ductilité et sa très faible tendance à la désagrégation dans le vide, même sous l'action d'un courant intense, parurent des plus encourageants pour la réalisation d'une lampe à incandescence à filament de ce métal.


Fig. 1. — Lampe à filament ondulé.

De longs et patients essais furent néanmoins encore nécessaires avant que le chef de ce service, le Dr Feuerlein, arrivât à obtenir des filaments de 0,05 mm de diamètre qui, bouclés en 54 mm de long, prenaient 0,58 ampère sous 9 volts pour donner seulement 3,5 hefners avec une consommation de 1,5 watt par bougie. Il en résultait que, dans les mêmes conditions, une lampe de 110 volts 45 hefners exigeait un filament de 65 cm de long!

Le ramollissement du métal à la température ainsi atteinte ne permettait pas d'ailleurs de le disposer en boucle ou en hélice, non plus que de monter dans l'ampoule plusieurs boucles suspendues sans limiter son emploi à l'utilisation dans la position verticale. On ne pouvait pas songer davantage, pour diverses raisons, à employer des filaments ondulés comme dans la figure 1, et l'on reconnut bientôt que la seule solution consistait à subdiviser le filament en un certain nombre de portions droites montées en série et soutenues à leurs extrémités par des supports isolants.


Fig. 2. — Premier type de lampe au tantale.


Fig. 3. — Lampe au tantale à filaments obliques.

C'est ainsi qu'on arriva, par tâtonnements successifs représentés dans les figures 2 et 3, à la forme définitive

de la figure 4 donnant, en grandeur d'exécution, une des nouvelles lampes complète.

Cette lampe, de 25 hefners sous 110 volts et consommant 1,5 watt par hefner, comporte comme support central une courte baguette de verre reliant deux disques terminaux, également en verre, dans lesquels sont implantés par soudure des bras respectivement renversés vers le haut et vers le bas en forme de parapluies. Ces bras, au nombre de 11 en haut, sont fixés dans des plans verticaux respectivement équidistants des plans de mon-

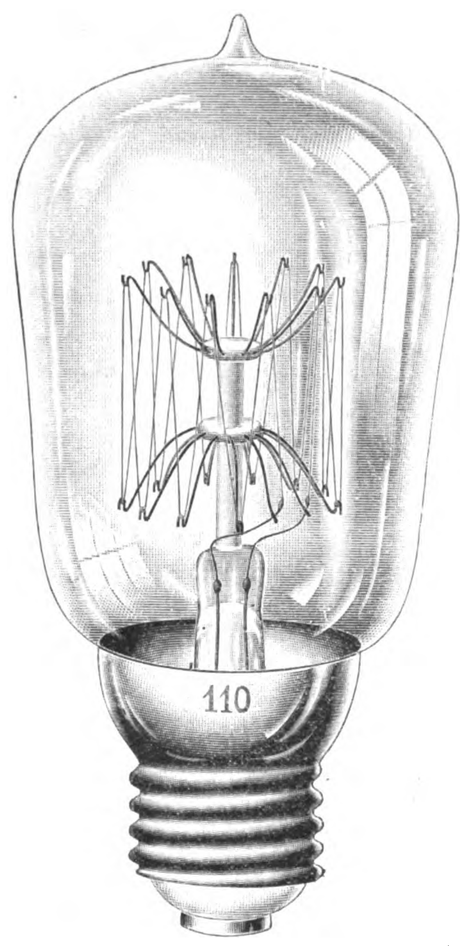


Fig. 4. — Lampe au tantale complète. Vraie grandeur.

tage des 12 bras inférieurs; ils se terminent par des crochets dans lesquels se développe en zig-zag toute la longueur du filament, dont les extrémités aboutissant à deux des bras inférieurs sont reliées au pied de la lampe par des lames de platine.

Le filament de ce type normal de 25 hefners, 110 volts, 1,5 watt par hefner, a donc 650 mm de long sur 0,05 mm de diamètre et pèse 0,022 gramme-masse, ce qui correspond à la confection de 45 000 lampes avec 1 kg de métal. L'ampoule ne dépasse pas, comme dimensions extérieures, celles des lampes courantes. La lampe parait résister parfaitement au transport par mer dans les conditions courantes d'emballage. Elle fonctionne dans toutes les positions. La lumière en est blanche et agréable; un globe dépoli en augmente l'apparence uniforme.

Épreuves. — D'après de longues épreuves comparatives, la nouvelle lampe consommerait 50 pour 100 de courant de moins que la lampe au charbon, à différence de potentiel égale, pour une même intensité lumineuse et une même longévité; autrement dit, à égalité de conditions économiques, sa vie serait beaucoup plus longue que celle des autres. Si l'expérience a bien montré que, même à 1 watt par hefner, la lampe au tantale a encore une existence de plusieurs centaines d'heures, elle est cependant, à ce régime, très sensible aux variations de tension et présente souvent une diminution prématurée d'intensité lumineuse.

A la consommation spécifique initiale de 1,5 watt par bougie, sa durée moyenne suffit, au contraire, à tous les besoins de la pratique, ce qui a permis d'étalonner ainsi la lampe de 110 volts. La vie utile de cette lampe, c'est-à-dire le temps qu'elle met à perdre 20 pour 100 de son intensité lumineuse initiale, atteint, en moyenne, 400 à 600 heures, à côté de certains échantillons présentant jusqu'à 1200 heures de vie utile. Quant à sa vie absolue, elle est, en général, de 800 à 1000 heures dans des conditions normales de fonctionnement. Elle noircit peu si elle n'a pas été surchauffée en marche par suite de court circuit de son filament.

La manière dont se comporte cette lampe dans le cours de son existence est intéressante. Elle résulte, sans qu'il soit besoin de plus d'explications, de l'étude du tableau ci-dessous toujours afférent au même type de lampe :

Durée de marche en heures.	Intensité lumineuse en hefners.	Courant consommé en ampère.	Puissance spécifique absorbée en w : hefner.
0	25-27	0,36-0.38	1,5-1,7
5	28-31	0,37-0,39	1,3-1,5
150	25-27	0,36-0,38	1,5-1,6
300	22-24	0,36-0,38	1,6-1,7
500	20-22	0,36-0,38	1,9-2,0
1000	18-20	0.36-0,37	2,1-2,2

L'augmentation initiale d'intensité lumineuse et de consommation de courant ne peut être attribuée qu'à une modification dans la structure du filament, modification tendant à réduire sa résistance. Le changement d'aspect du fil, visible à l'œil nu (ce qui permet de déterminer l'âge de la lampe), s'accentue sous le microscope où il présente une tendance très marquée à la contraction avec formation correspondante de nœuds (fig. 5 comparative).

Fig. 5. — Filament de tantale, neuf et après 1000 heures de service.

La figure 6 représente la conformation, à plis larges et arrondis, d'un filament neuf, tandis que la figure 7 montre la forme anguleuse de ces plis produite par sa contraction.

Cette disposition du filament, en lanterne, donne lieu parfois à ce fait assez bizarre *à priori* que la rupture dudit filament, même en plusieurs points, loin d'amener

l'extinction de la lampe, en développe au contraire l'intensité lumineuse, les sections de filament déterminant des courts circuits qui diminuent la résistance totale de la lampe au profit de cette intensité lumineuse, mais non de sa vie qui s'en trouve généralement abrégée par excès

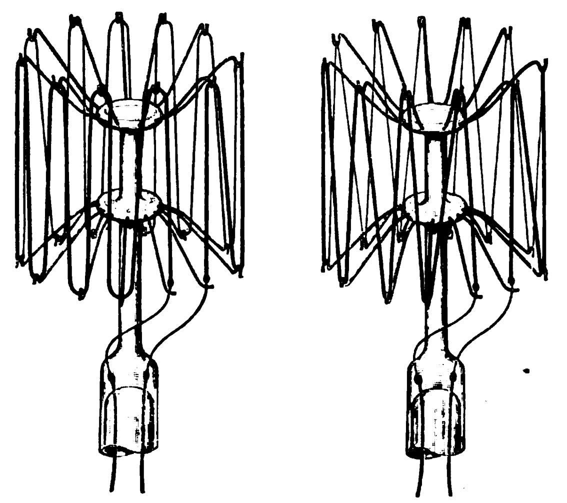


Fig. 6. — Disposition du filament dans une lampe neuve.

Fig. 7. — Apparence anguleuse du filament après un certain temps de service.

de courant. On peut même, après une première rupture, provoquer, par un léger ébranlement, la formation d'un court circuit de ce genre qui permet de remettre en service la lampe avariée. La figure 8 montre trois de ces

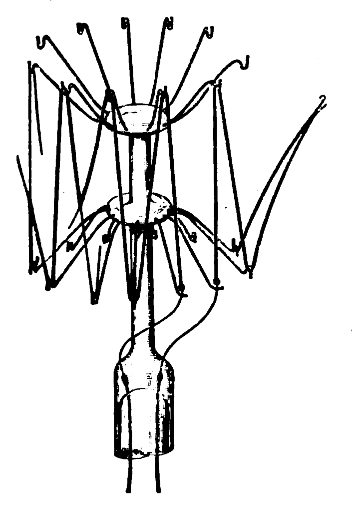


Fig. 8. — Filament de tantale partiellement rompu.

courts circuits; la portion arrière du filament a été supprimée pour plus de clarté.

Très ductile à l'état neuf, le filament de tantale devient cassant en vieillissant sous l'action du courant et oblige à des ménagements à l'égard de lampes ayant déjà une certaine existence.

Avantages. — Ce filament supporte, par contre, des variations de tension auxquelles ne résiste pas la lampe à filament de charbon. C'est ainsi qu'on peut, sans la brûler, pousser, par gradation lente et progressive, jusqu'à 260 et 300 volts une lampe-type au tantale de 25 hefners, 110 volts, 1,5 watt par hefner.

Un autre avantage réside dans ce fait que, à l'encontre également de celle de la lampe à filament de charbon, sa résistance augmente avec la température.

On voit enfin dans la figure 9 le graphique de la variation des résistances respectives du tantale et du carbone en fonction de la tension, cette tension étant supposée de 100 volts, et la résistance de 100 unités arbitraires quelconques, quand la puissance spécifique absorbée est de 1,5 watt par hefner. On y voit du premier coup d'œil que la résistance du tantale s'élève à plus de cinq fois sa valeur initiale entre sa température de début et celle correspondant à la puissance spécifique absorbée de 1,5 watt par hefner, tandis que celle du charbon tombe sensiblement, dans le même intervalle, à la moitié de sa valeur initiale. On remarquera en outre que, au delà du point considéré, la résistance du tantale continue à croître, tandis que celle du carbone baisse toujours, d'où : variations de courant et, partant, d'intensité lumineuse avec la tension à une allure beaucoup plus rapide dans la lampe au charbon que dans la lampe au tantale, cette dernière étant dès lors moins sensible que l'autre aux oscillations de la différence de potentiel.

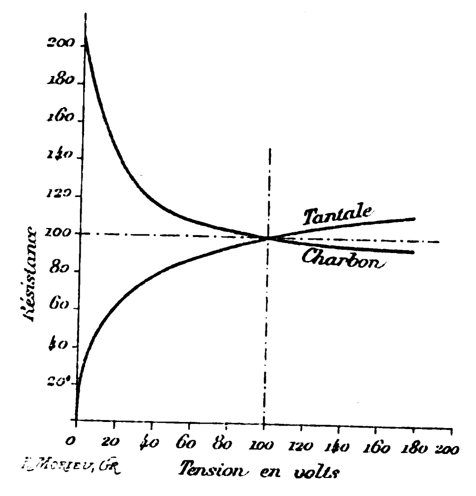


Fig. 9. — Variations respectives, pour le tantale et le carbone, de la résistance en fonction de la tension.

Résume. — Sans être encore pleinement satisfaite des résultats déjà acquis et en attendant la suite de ses recherches, la maison Siemens et Halske n'en retient pas moins dès maintenant le type ci-dessus spécifié qu'elle regarde comme immédiatement pratique, et elle résume ainsi les propriétés caractéristiques de sa lampe au tantale :

1° Filament métallique donnant de la lumière immédiatement, sans échauffement préalable;

2° Filament obtenu par fusion dans le vide et par étirage; souplesse, même à froid, permettant son enroulement et sa fixation à froid dans la lampe;

3° Possibilité de loger dans une ampoule de dimensions ordinaires une longueur de fil relativement grande;

4° Abondance du minerai de tantale qu'il est facile de se procurer;

5° Adaptation possible des mêmes principes de traitement à d'autres métaux dont le point de fusion est très élevé.

Nous ne voyons pas figurer parmi ces avantages celui de la réutilisation du métal d'une lampe détruite. Il semble cependant qu'elle doive être possible et non négligeable, à moins que le bas prix de la matière la rende sans intérêt. C'est là d'ailleurs une affaire de prix de revient non encore abordée et dont il ne pourra sans doute être question que quand la fabrication du tantale pur sera devenue réellement industrielle. E. Boistel.

LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES MODERNES POUR LA TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Cette question a fait l'objet d'une communication intéressante de M. *G. Semenza* à l'Assemblée générale de l'*Associazione elettrotecnica italiana* tenue à Bologne le 23 octobre dernier. En voici les points essentiels.

La construction d'une ligne de transmission d'énergie électrique aérienne est un problème d'ingénieur qui peut se poser en ces termes :

« Suspendre à des isolateurs un certain nombre de fils « disposés de façon à obtenir, avec la moindre dépense « d'amortissement et le plus faible entretien, la stabilité « nécessaire du système. »

Après quelques considérations générales, l'auteur examine successivement les divers éléments qui doivent être pris en considération pour la construction d'une ligne.

Tracé. — Le tracé doit être aussi rectiligne que possible. En effet, la masse du cuivre augmentant, toutes choses égales d'ailleurs, comme le carré de la longueur de la ligne, un accroissement de 20 pour 100 sur la longueur entraîne un accroissement de 44 pour 100 sur la masse du fil. De plus, les poteaux simples sont remplacés, en certains points, par des poteaux d'angle plus lourds, plus coûteux, et constituant des points faibles de la ligne. Il faut donc choisir la ligne la plus droite possible, même si les prix d'expropriation sont plus élevés.

Disposition des fils sur les supports. — Le problème est à la fois électrique et mécanique, car il s'agit d'éviter que, par l'effet du vent ou d'autres causes, les fils ne se trouvent, à un moment donné, trop voisins l'un de l'autre.

Avec les courants continus, on a une certaine latitude, car les actions électromagnétiques réciproques n'entrent pas en jeu.

Avec les courants alternatifs, il ne faut pas employer des fils trop gros, ni trop écartés, et il faut les disposer symétriquement.

En particulier, pour les courants triphasés, les trois fils doivent occuper les trois sommets d'un triangle équilatéral, dont un des côtés peut être disposé horizontalement ou verticalement. En tenant compte des inclinaisons prises par les fils sous l'action du vent et de la pesanteur, on peut, dans chaque cas, déterminer l'angle maximum que peut faire le plan de la chaînette avec le plan vertical, et l'on est conduit à préférer la disposition pour laquelle l'un des côtés du triangle est vertical, et permet l'emploi de plus grandes portées que celle pour laquelle le côté du triangle est horizontal.

Action du vent. — Cette action est importante et joue un rôle primordial dans la détermination de la distance des fils, surtout dans le cas des tensions très élevées, car, non seulement les fils ne doivent pas se toucher, mais ils ne doivent pas se rapprocher au point de laisser amorcer des décharges disruptives.

Certaines administrations exigent que les calculs soient établis pour une pression de 280 kg : m². Ce chiffre est excessif, si l'on songe qu'un vent, dont la pression n'est que de 170 kg : m² suffit pour renverser des wagons. On peut donc admettre qu'une pression de 180 à 200 kg : m² est largement suffisante, étant donné les coefficients de sécurité très grands adoptés pour les fils et les poteaux.

L'effet du vent sur le fil est généralement calculé comme s'il présentait une surface égale au produit de sa longueur par la moitié de son diamètre.

Les observations faites sur les lignes en service ont conduit M. Semenza à penser que ces valeurs étaient exagérées, et il estime qu'il y a lieu d'adopter la formule présentée en mai 1902 au Collège des ingénieurs et architectes de Milan par MM. Finzi et Soldati, qui est la suivante (d en cm, v en m : s) :

$$p = 5 \cdot 10^{-5} \cdot d \cdot v^2 \quad \text{kg : m}^2$$

et qui donne des valeurs de la pression bien inférieures à celles fournies par la formule ordinaire.

Les lignes importantes sont construites en double ou en triple, et, dans ce cas, elles sont séparées en deux ou trois groupes d'un écartement suffisant pour permettre les réparations sur l'un des groupes pendant que l'autre ou les autres sont en fonction.

On assure mieux ainsi la continuité du service qu'avec une ligne simple. Dans ce cas, et pour des portées assez longues, il est nécessaire de déniveller les lignes (fig. 5), pour que les fils d'un groupe ne viennent pas, par leurs oscillations, en contact ou au voisinage des fils de l'autre groupe.

Longueur des portées. — De ce qui précède, on peut conclure que la seule condition limitant la longueur des portées est le trop grand voisinage éventuel des fils causé par le vent. En dehors de ce point dont il faut tenir



compte, la détermination de la portée devient un problème essentiellement économique.

On dit communément que si une ligne doit supporter des surcharges de neige ou de vent, il n'est pas prudent d'employer de longues portées. Cette assertion est, en fait, inexacte. Nous avons toujours le droit de donner à une portée de fil quelconque une flèche telle que, pour une surcharge déterminée, la limite d'élasticité ne soit pas dépassée, et cela suffit pour garantir la ligne contre ce danger : la pratique démontre d'ailleurs que des portées très longues se conservent en parfait état, à la condition qu'elles aient été bien calculées.

L'accroissement de la portée réduit le nombre des isolateurs, et par suite le nombre des points faibles de la ligne et des ennuis qu'ils peuvent causer.

Le problème de la portée la plus économique se précise lorsque l'on considère que l'augmentation de la portée réduit le nombre des supports, mais augmente leur hauteur, leur poids et les efforts qu'ils doivent supporter.

La portée la plus convenable est donc celle qui demande le moins de masse linéaire de matériel, et elle ne peut être déterminée que par approximations successives.

Les longues portées améliorent électriquement la ligne et rendent les expropriations moins onéreuses, surtout celles qui sont payées proportionnellement au nombre des appuis.

Les lignes de montagne trouvent des avantages tout spéciaux dans l'emploi des longues portées, et la nouvelle ligne de Brembo en fournit un exemple typique dans sa partie la plus accidentée. L'emploi des longues portées sur les terrains accidentés en altitude amène des simplifications, en évitant de poser des poteaux dans les points où il y aurait tendance au renversement, et en permettant une meilleure répartition des chaînettes pour l'équilibrage des tensions sur la ligne.

La portée doit donc toujours être, en principe, aussi grande que possible.

Nature des supports. — On emploie, pour la construction des supports, le bois, le fer et le ciment armé. (M. Semenza n'ayant pas eu l'occasion de voir comment les poteaux en ciment armé se comportent en pratique, compare seulement les deux autres.)

Les poteaux en bois ont encore leurs partisans. On les obtient facilement, ils sont d'un prix moins élevé en apparence, plus commodes à transporter, ils offrent un meilleur isolement de la ligne, et leur emploi ne nécessite point de calculs laborieux.

Pour une ligne importante et des longues portées, l'emploi des poteaux en fer s'impose absolument.

L'installation d'une ligne ne doit pas tenir compte seulement du prix initial, mais de l'entretien, de l'amortissement et de la manutention du matériel. Un poteau en fer peut être amorti en 30 années, un poteau en bois ne dure guère plus de 8 ou 10 ans, et, dans certains cas, les poteaux en bois n'ont pas résisté plus de 4 à 5 ans.

Les poteaux en fer offrent une rigidité des plus précieuses. L'inspection d'une ligne datant de 6 à 7 années a montré qu'elle était encore comme au premier jour : rien n'a bougé, les attaches sont en place, les isolateurs et leurs supports sont parfaitement verticaux, les portées régulières.

Sur une ligne à poteaux en bois du même âge, et malgré les réparations fréquentes, les poteaux sont pliés, fendillés, les supports d'isolateurs sont courbés, et tout l'ensemble de la structure, par le jeu du bois et l'action corrosive des intempéries, est devenu plus ou moins disloqué.

L'entretien d'une ligne à poteaux en fer se réduit à une peinture périodique.

En ce qui concerne l'isolement des poteaux en bois, il n'a pas grande valeur, car il représente seulement, pour un poteau neuf, le millième ou le dix-millième de l'isolement de l'isolateur, surtout en temps de pluie.

La rupture d'un fil sur un poteau en fer occasionne un court-circuit franc et immédiat, tandis qu'avec un poteau en bois, on peut espérer que l'accident se produira plus lentement. D'autre part, les poteaux en bois occasionnent fréquemment la combustion lente de ces poteaux sans que l'isolateur soit perforé.

Enfin, les supports métalliques se prêtent facilement à la construction de lignes doubles.

Types de supports en fer. — Les premiers supports métalliques étaient très lourds, et calculés pour résister dans le cas extrême d'une rupture de *tous* les fils d'une portée. Il a été impossible de vérifier cette hypothèse par l'expérience, car une cause de rupture d'une semblable importance devrait rompre également les poteaux eux-mêmes. On n'a jamais vu rompre plus de deux fils d'une même portée, et la rupture d'un seul fil se produit encore assez rarement. Et encore, l'effort de renversement résultant de la rupture d'un fil se trouve très rapidement réduit par la flexion du poteau, et cette flexion peut être rendue importante, comme on le verra plus loin. Ces considérations ont permis de réduire notablement le poids des poteaux, et ceux de la ligne de Paderno à Milan ont été calculés sur cette hypothèse.

Une autre condition exigée au début était la séparation mécanique absolue des supports dans le cas d'une ligne double. Cette précaution a été reconnue inutile, et l'entretoisement des poteaux de deux lignes a permis de les alléger, tout en leur donnant une plus grande assise favorable à leur stabilité.

Le poteau de la ligne de Paderno-Milan (fig. 1), pour 9 fils de 9 mm de diamètre, pèse 400 kg. Les poteaux de chaque ligne sont séparés.

Le poteau représenté figure 2 pour portée de 100 m et pour 3 fils de 4 mm de diamètre, pèse 300 kg.

Le poteau de la figure 3 répond à des exigences spéciales. Il s'agissait de traverser avec une ligne double de 6 fils de 8 mm de diamètre une région de la France dans laquelle les expropriations étaient fort coûteuses,

et on voulait réduire le plus possible la base des poteaux.

Cela a conduit à un support plus lourd qu'avec deux poteaux accouplés : le poids du poteau est de 810 kg,

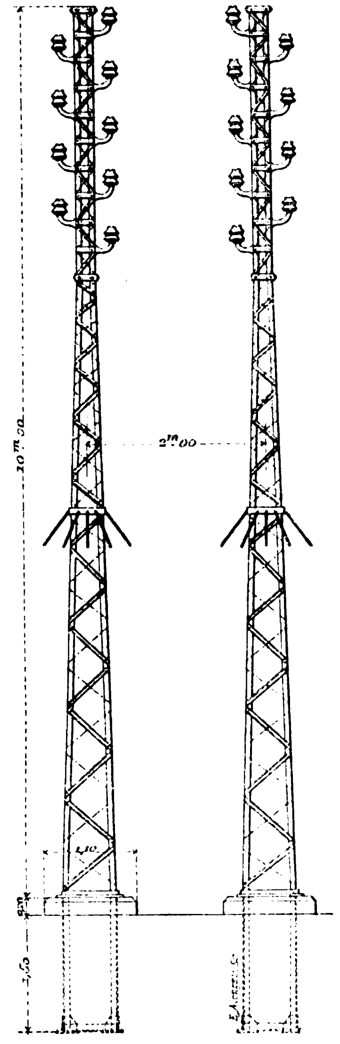


Fig. 1. — Poteaux métalliques isolés de la ligne de Paderno-Milan.

mais il est établi pour une portée de 100 m, de sorte que la masse linéaire du fer n'est plus que de 8100 kg : km, tandis que sur la ligne de Paderno, avec des portées de 60 m, la masse linéaire atteint 14 000 kg : km.

Poteaux élastiques. — Un dernier perfectionnement vient d'être apporté aux supports métalliques sous la forme de poteaux élastiques, appliqués pour la première fois sur la ligne de Brembo récemment inaugurée. En voici la genèse :

En ligne droite et avec des portées égales, les efforts auxquels les poteaux sont soumis sont, en dehors du poids du fil, exclusivement transversaux à la ligne et ne sont dus qu'à la pression exercée par le vent. Il est donc inutile de donner à ces poteaux une grande résistance longitudinale, et il suffit qu'ils puissent résister aux efforts transversaux.

Imaginons deux fers en U parallèles (fig. 4), distants de 2 m environ, reliés entre eux par un système indéformable constitué par des cornières : on aura constitué ainsi un support élastique pour ligne double. Il est très rigide

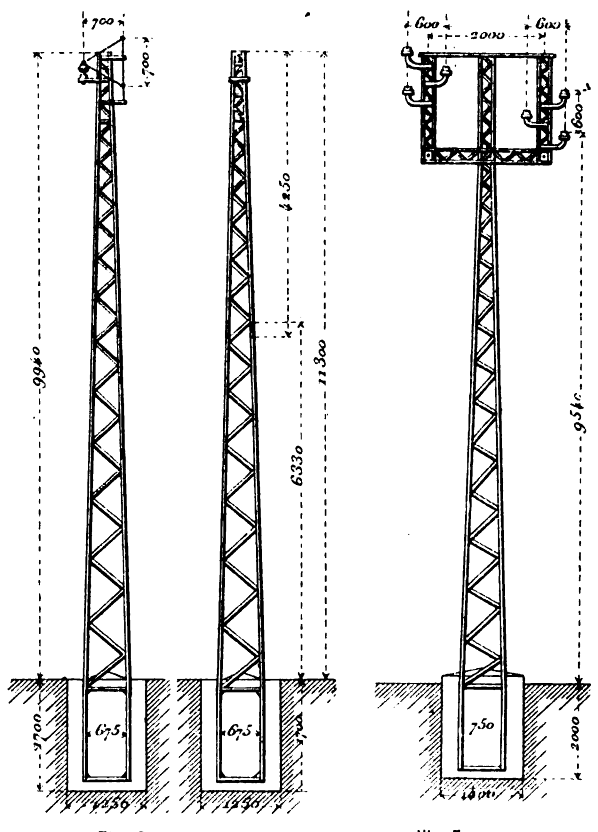


Fig. 2. Fig. 3.
Fig. 2 et 3. — Poteaux métalliques rigides.

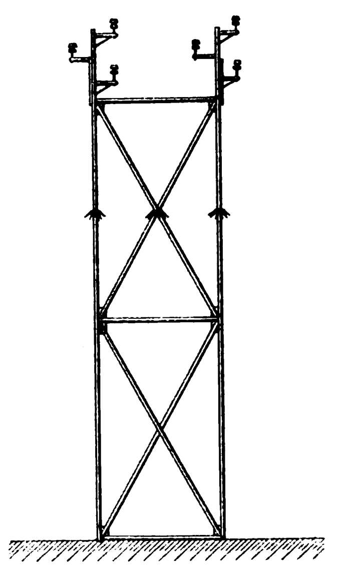


Fig. 4. — Poteau normal de la ligne de Brembo.

dans le sens transversal, tandis que dans le sens longitudinal, son extrémité peut s'infléchir de 40 cm sans subir de déformation permanente.

Un support semblable, calculé par M. Rœlithsberger

qui en a eu l'idée, porte 6 fils de 8 mm en deux groupes et pèse 420 kg.

Au point de vue de la stabilité, il est parfaitement stable dans les conditions normales et peut encore être employé sous un angle de 170°. En cas de rupture d'un fil, son élasticité le fait fléchir et réduit la tension. Même dans le cas, plus théorique que pratique, de la rupture de *tous* les fils d'une portée, il est facile de démontrer que, pour le cas du support en question, la tension exercée sur le poteau ne serait que la moitié de celle exercée sur un poteau rigide.

On peut donc calculer le poteau pour résister dans ces conditions nouvelles, et l'on est conduit à cette conclusion d'apparence paradoxale, que la faiblesse du poteau est un coefficient de sûreté de sa résistance.

En présence des résultats obtenus à Brembo, la Société Conti et Cie a adopté le même type de poteau élastique

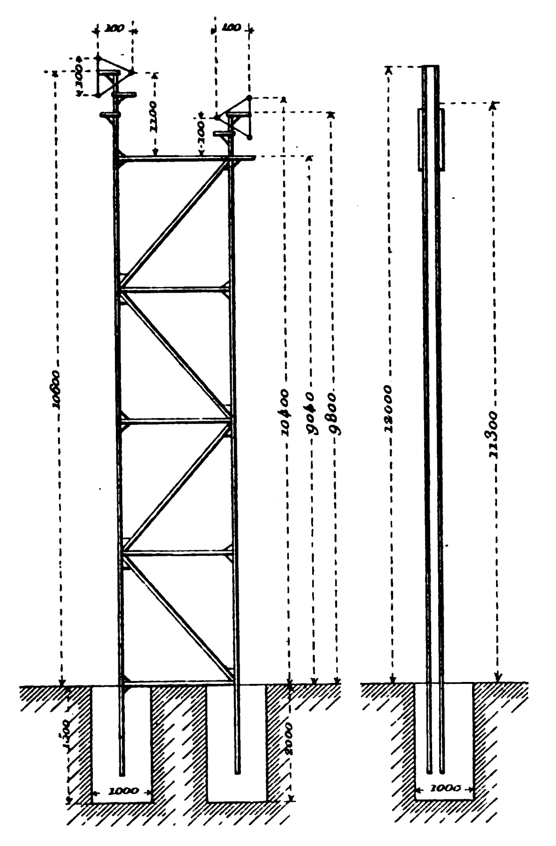


Fig. 5. — Poteau élastique de la Société Conti et Cie sur la ligne Vigevano-Milan.

pour la ligne qu'elle construit entre Vigevano et Milan. Ce poteau, représenté figure 5, est construit pour une portée de 110 m et pèse 610 kg.

On peut comparer l'économie résultant de l'emploi de poteaux métalliques au lieu de poteaux de bois. Cette comparaison est faite dans trois cas distincts. (Le prix du cuivre n'est pas compté.)

1er Cas. — Ligne à 3 fils de 8 mm de diamètre.

Poteaux en bois placés tous les 35 m, soit 30 poteaux et 90 isolateurs par km.

Poteaux en fer de 300 kg (à 34 fr les 100 kg), distants de 100 m. La fondation exigeait 2 m³ de béton.

PRIX LINÉAIRE DE LA LIGNE EN FRANCS PAR KILOMÈTRE

Poteaux en bois.		*Poteaux en fer.*	
30 poteaux à 30 fr	900	10 poteaux à pied-d'œuvre. .	1020
90 isolateurs à 4 fr.	360	10 fondations à 30 fr.	300
Pose de la ligne	120	Pose des poteaux à 10 fr. . .	100
Expropriations et indemnités.	500	30 isolateurs à 6 fr	180
		Pose de la ligne.	120
		Expropriations et indemnités.	500
Total.	1880	Total.	2220

2e Cas. — Ligne à 6 fils de 8 mm.

Poteaux en bois distants de 30 m.

Poteaux en treillis de 500 kg, portée de 100 m.

PRIX LINÉAIRE EN FRANCS PAR KILOMÈTRE

Poteaux en bois.		*Poteaux en fer.*	
35 poteaux à 35 fr.	1255	10 poteaux de 500 kg.. . . .	1700
210 isolateurs à 4 fr.	840	10 fondations à 40 fr.	400
Pose de la ligne	200	Pose de poteaux à 12 fr.. . . .	120
Expropriations et indemnités.	600	60 isolateurs à 6 fr	360
		Pose de la ligne.	200
		Expropriations et indemnités.	600
Total.	2865	Total.	3480

3e Cas. — Ligne à 6 fils de 8 mm.

Poteaux en bois avec deux traverses.

Poteaux élastiques pesant 610 kg et portée de 110 m.

PRIX LINÉAIRE EN FRANCS PAR KILOMÈTRE

Poteaux en bois.		*Poteaux en fer.*	
35 poteaux.	1225	9 poteaux à 200 fr.	1800
35 traverses.	280	9 fondations et pose à 50 fr..	450
210 isolateurs.	840	54 isolateurs à 6 fr..	324
Pose	200	Pose de la ligne.	200
Expropriations et indemnités.	600	Expropriations et indemnités.	600
Total.	3145	Total.	3374

On voit, par ces chiffres, que les dépenses de première installation d'une ligne avec poteaux en fer sont un peu supérieures à celles qu'entraîne l'emploi de poteaux en bois, mais si on tient compte de l'entretien, de la surveillance et de l'amortissement, on voit combien l'emploi des poteaux métalliques est préférable sur les lignes de grande longueur.

Tous les calculs relatifs à la pose d'une ligne n'auraient aucune raison d'être si cette pose n'était pas rationnellement exécutée.

On doit donner à chaque fil, pour une température de pose donnée, une tension calculée sur la base de la tension maxima dans le cas d'une température minima et d'un fil surchargé.

On doit employer un thermomètre dont le réservoir est noyé dans un gros fil de cuivre, car la température prise par un fil exposé au soleil est généralement différente de celle de l'air ambiant.

Isolateurs. — Les isolateurs doivent être robustes et largement dimensionnés. Une économie sur les isolateurs

n'a aucune influence sur le prix de la ligne, tandis que la rupture d'un de ces appareils amène souvent des dommages directs ou indirects très graves. On peut d'autant mieux employer des isolateurs largement calculés, que leur nombre se trouve considérablement réduit par l'emploi de poteaux métalliques à grandes portées.

A. Z.

LES COURANTS DE FOUCAULT

ET LEURS APPLICATIONS

(SUITE ET FIN [1])

VI. *Courants de Foucault dus à la commutation dans les dynamos à courant continu.* — La commutation me paraît être une cause de dissipation par courants parasites, qui pour n'avoir, je crois, pas été signalée jusqu'ici, ne me paraît pas moins la plus importante de toutes.

Dans une rainure d'une armature dentée, au moment où la commutation se produit, les parois sont soumises à l'action d'un courant, et par conséquent d'une force magnétisante qui change rapidement de signe. Il doit nécessairement s'ensuivre des courants de Foucault, exactement comme dans l'inducteur examiné ci-dessus. Seulement ce n'est que la masse d'une dent qui se trouve intéressée dans le phénomène à chaque passage d'une lame sous le balai collecteur. On peut aisément évaluer l'importance de la perte d'énergie correspondante, les formules (15) restant applicables, sauf interprétation correcte du cas particulier. Voici comment le calcul semble pouvoir s'établir : chaque rainure subit la commutation une fois sous chaque pôle; mais il faut qu'elle ait passé sous deux pôles successifs pour avoir accompli un cycle complet. D'autre part, l'effet sur toutes les dents successives, est évidemment le même que si une seule dent, toujours la même, subissait l'action continue de la commutation. Cette remarque donne la définition de ce qu'on peut appeler la fréquence dans ce cas particulier; c'est l'inverse du double du temps pendant lequel une spire reste fermée sous le balai, elle montre aussi que les quantités à faire intervenir dans le calcul sont seulement celles d'une rainure par paire de pôles.

Or, on peut remarquer, d'une part, que la fréquence est toujours très élevée; et que, d'autre part, la perméabilité l'est aussi puisque la commutation se produit toujours dans une région à champ magnétique très affaibli. Pour ces deux raisons on doit s'attendre à une valeur élevée de m, et il est possible que l'épaisseur courante des tôles, qui est très réduite pour les courants de Foucault de la fréquence de la rotation, soit au contraire forte pour ceux de la commutation. Supposons en effet que la fréquence soit de l'ordre de 500 et la perméabilité de 2000; la valeur de m est :

$$m = 2\pi\sqrt{\frac{\mu f}{\rho}} = 2\pi\sqrt{\frac{2000 \,.\, 500}{10^4}} = 62{,}8.$$

Si $2h = 0{,}03$, la valeur de $2mh = 1{,}88$ montre qu'en effet la tôle peut déjà être considérée comme épaisse dans les conditions ainsi définies. On doit donc s'attendre à une dissipation notable.

VII. *Applications numériques.* — Pour bien préciser les valeurs relatives de ces différentes dissipations d'énergie, nous allons les calculer pour la machine même prise ci-dessus comme exemple, et dont les principales données de construction sont les suivantes :

Diamètre d'alésage, en mm.	480
— extérieur de l'induit, en mm	470
— intérieur	260
Longueur brute de l'induit, 320 mm ; nette	290
Pas dentaire	12,7
Dont denture	6,7
Dont rainure	6,0
Profondeur des rainures, en mm	22
Nombre des rainures	116
Pas polaire, en mm	370
Arc polaire	255
Vitesse angulaire en tours : minute	600
Tension normale, en volts	125
Courant normal, en ampères	440
Nombre de pôles	4
Nombre de circuits en parallèle	4

De ces valeurs, on déduit facilement celles de l'induction dans les diverses parties de l'entrefer et de l'induit. La détermination de la variation de l'amplitude dans l'entrefer est rendue immédiate par la publication antérieure faite par M. A. Potier ([1]) des courbes de répartition en fonction des dimensions relatives de l'entrefer et de la largeur de rainure.

On trouve ainsi :

Faces polaires. — La variation est ± 460 sur un champ moyen de 6600. En prenant pour $\mu = 700$, et $\rho = 10^4$, on a :

$$\frac{P}{S} = \frac{(460)^2}{8\pi}\sqrt{\frac{1{,}47 \,.\, (1480)^3}{700 \,.\, 10^4}} = 0{,}02 \text{ watt : cm}^2.$$

La surface de chaque face polaire étant 816 cm², on a pour dissipation totale sur les quatre faces polaires :

$$P_1 = 65 \text{ watts}.$$

Corps de l'induit. — Dans le corps de l'induit, la valeur de m est :

$$m = 2\pi\sqrt{\frac{\mu f}{\rho}} = 2\pi\sqrt{\frac{2000 \,.\, 20}{10^4}} = 12{,}56,$$

en prenant ici $\mu = 2000$.

L'épaisseur probable des tôles est $2h = 0{,}03$ cm; le produit $2mh = 0{,}37$ est notablement inférieur à l'unité, et on peut appliquer la formule (15′) sous la forme :

$$\frac{P}{v} = \mathcal{B}_m^2 \frac{\pi^2 f^2}{3\rho} (2h)^2.$$

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 313, du 10 janvier 1905, p. 5 et n° 314, du 25 janvier 1905, p. 32.

(1) Voy *L'Industrie électrique*, 1901, n° 238, p. 516.

Seulement l'induction $\mathcal{B}_m$ étant différente dans le corps des tôles et dans la denture, où les valeurs sont respectivement 11 200 et 14 700, il faut traiter les deux séparément. On trouve ainsi :

Corps d'induit, 25 800 cm³	32,2 watts.
Denture, 4800 cm³.	10,3 —
Ensemble P_2 = ...	42,5 watts.

Denture sous la commutation. — Cherchant d'abord la fréquence, on a 116 lames au collecteur, et en supposant que le balai couvre complètement deux lames, la durée de court-circuit est $\frac{2}{116}$ de tour soit $\frac{2}{1160}$ de seconde. Cette durée correspond à un demi-cycle. La fréquence est donc de l'ordre $\frac{1160}{4} = 290$.

On peut prendre $\mu = 2000$ et $\rho = 10^4$,

$$m = 2\pi\sqrt{\frac{\mu f}{\rho}} = 48,$$

$$2mh = 0,03 \,.\, 48 = 1,44,$$

la tôle est déjà relativement épaisse pour ces conditions; la longueur $\lambda = \frac{2\pi}{m} = 0,132$ cm, c'est-à-dire seulement quatre fois l'épaisseur.

La dissipation est alors à calculer par (12).

$$\left(\frac{P}{S}\right) = \Delta_s^2 \rho m \frac{(2mh)^3}{6}[1 - 0,04\,(2mh)^4 + + 0,0017\,(2mh)^8 - \ldots].$$

Les deux barres contenues dans l'encoche portent 110 ampères chacune; la hauteur de la rainure est de 2,2 cm. La densité linéaire Δ_s est donc :

$$\Delta_s = \frac{22}{2,2} = 10.$$

De là :

$$\frac{P}{S} = 10^2 \,.\, 10^4 \,.\, 48 \,.\, \frac{(1,44)^3}{6}\,[1 - 0,172 + 0,0314].$$

$$= 2,06 \text{ watts:cm}^2.$$

La surface d'une rainure est $2,2 \,.\, 29 = 64$ cm². Comme on a à compter cette perte autant de fois qu'il y a de paire de balais, ici 2, on a, pour le corps de denture :

$$P' = 2 \,.\, 64 \,.\, 2,06 = 264 \text{ watts.}$$

Mais il reste encore le fond de la rainure. Pour lui la densité est beaucoup plus grande, elle atteint $\frac{22}{0,6} = 36,7$ décaamp: cm².

La perméabilité y est moindre que dans la dent, parce que le flux principal maintient la tôle, en ce point, à une induction élevée.

Admettons $\mu = 500$ seulement, la valeur de m est ainsi réduite à 24, et on a :

$$\frac{P}{S} = 36,7^2 \,.\, 10^4 \,.\, 24 \,.\, 0,0445 = 1,43 \text{ w:cm}^2$$

Pour deux rainures, la surface est $2 \,.\, 0,6 \,.\, 29 = 35$ cm² et $P'' = 50$ watts.

Soit ensemble $P' + P'' = 314$ watts à l'entour de la denture. Encore est-ce un minimum probable, car on n'a tenu aucun compte de l'imperfection de l'isolement des tôles entre elles. En récapitulant, on trouve donc :

P_1, face polaire	65 watts.
P_2, induit dans sa masse.	43 —
$P' + P''$. induit dans sa denture	314 —
Ensemble	422 watts.

Perte par hystérésis. — Il est intéressant de comparer cette valeur à celle de la perte par hystérésis. La formule de Steinmetz, avec $\eta = 0,002$ qui correspond à une bonne tôle commerciale, appliquée à la machine ci-dessus, donne :

Corps de l'induit.	302 watts.
Denture.	89 —
	391 watts.

Elle est rigoureusement du même ordre de grandeur que celle due aux courants de Foucault, et on ne sera jamais bien loin de la vérité en supposant ces pertes égales dans les induits à denture.

Méthode de séparation des pertes. — Parmi les conclusions qu'on peut tirer de cette étude, il en est une qu'il faut signaler. C'est le défaut d'exactitude de la méthode, pour ainsi dire classique, de séparation des pertes, par hystérésis et courants parasites, fondée sur la variation de la fréquence. Cette méthode repose sur l'hypothèse que tous les courants de Foucault varient comme le carré de la fréquence, sans parler de celle qui a trait aux frottements et à la ventilation. Or ceci n'est vrai que pour les courants dans les lames minces, au sens électrique du mot. Mais les pertes sur les faces polaires varient, comme on l'a vu, comme la puissance 3/2 de la fréquence.

Celles du corps d'induit suivent bien la loi supposée ; mais elles sont peu importantes. Quant à celles de la denture, elles suivent une loi compliquée qu'il est impossible de formuler simplement; et c'est la plus forte partie de cette nature de pertes. Avec des balais métalliques couvrant un angle faible du collecteur, la fréquence de la commutation augmenterait, et on tendrait vers la loi applicable aux plaques épaisses. Or celle-ci est, comme le montre la formule (13), proportionnelle à la puissance 1/2 de la fréquence.

Il n'est donc pas surprenant que cette méthode, appliquée généralement à vide, ne donne que des indications qui ne sont nullement concordantes avec celles qui résultent de la mesure du rendement par exemple, et il semble bien désirable qu'elle disparaisse complètement de l'enseignement et de la littérature électrique.

Circuits amortisseurs et écrans magnétiques. — Ces applications ressortissent directement à l'étude des courants de Foucault. Il est intéressant d'en envisager quelques-unes parmi les moins connues.

Écrans sur inducteurs. — Vers 1885, la Compagnie Américaine Édison construisit des machines à courant continu, donnant 1000 volts et excitées directement en dérivation. Elle éprouva, bien entendu, toutes les difficultés inhérentes à la coupure du circuit d'excitation, difficultés que connaissent bien d'ailleurs tous ceux qui ont manié de grosses unités empruntant leur excitation à des barres générales. Pour y parer, on imagina de placer sur le noyau inducteur, avant d'y mettre le fil, un circuit peu résistant obtenu en enroulant sur elle-même en plusieurs tours, une feuille nue de cuivre rouge, ayant la hauteur même du noyau.

C'est là, probablement, la première application industrielle des circuits amortisseurs. On peut se demander si cette disposition, très heureuse en principe, est bien réalisée, et si c'est bien du cuivre rouge qui convient pour cette application. L'effet d'écran d'un circuit de ce genre étant proportionnel au produit mh, on aura, pour deux dispositions équivalentes :

$$\frac{h}{h'} = \frac{m'}{m}$$

Des quantités μ, f, ρ qui entrent dans m la dernière, ρ résistivité, est la seule sur laquelle on puisse agir, et on a ainsi

$$\frac{h}{h'} = \sqrt{\frac{\rho}{\rho'}}.$$

Pour du cuivre rouge et du maillechort par exemple, le rapport des résistivités vaut 1/16. Donc c'est bien le cuivre rouge qu'il faut prendre, et il sera équivalent au maillechort sous une épaisseur quatre fois moindre, au zinc sous une épaisseur deux fois moindre.

Quant à la valeur absolue de l'épaisseur nécessaire pour un résultat donné, elle est incalculable d'une manière même approximative, faute de connaître la loi de disparition du flux pendant et après la rupture du circuit excitateur.

Les carcasses métalliques sur lesquelles on bobine parfois les fils inducteurs, jouent dans une faible mesure ce rôle d'amortisseurs. On pourrait chercher à accroître cet effet par une augmentation de leur épaisseur quand cela serait utile. Malheureusement on tombe dans un inconvénient nouveau, l'augmentation de la constante de temps du circuit. On sait combien lentement obéissent au rhéostat les inducteurs des fortes machines, à tel point qu'on a parfois proposé de doubler, ou à peu près, la tension d'excitation, pour en absorber la moitié dans une résistance purement ohmique. L'amortisseur augmenterait encore cette paresse au réglage. Il la doublerait à peu près si on lui donnait une masse de cuivre égale à celle du fil inducteur. Il semble donc difficile de s'engager dans cette voie Il est aussi évident que des inducteurs lamellés tels qu'on les construit sur certains alternateurs, obéiront plus vite que s'ils étaient massifs : mais que c'est surtout pour eux qu'un certain amortissement pourrait être utile, s'ils empruntaient leur excitation à des barres générales.

Nous avons calculé plus haut que les courants de Foucault donnent une certaine perte sur les faces polaires de l'inducteur. Il est clair que l'on diminuerait cette perte, si cela en valait la peine, en recouvrant la face polaire d'une feuille de cuivre d'épaisseur convenable. On sait d'ailleurs que les commutatrices éprouvent une amélioration très notable dans leur fonctionnement lorsqu'elles sont pourvues d'un amortisseur, dont l'action est d'opposer des flux inverses aux flux oscillants qui tendent à prendre naissance sur l'induit. Enfin, l'emploi qu'on a fait des circuits amortisseurs de M. Leblanc est universellement connu.

M. Field cite une autre application intéressante d'un écran magnétique. La figure 11 représente un dispositif

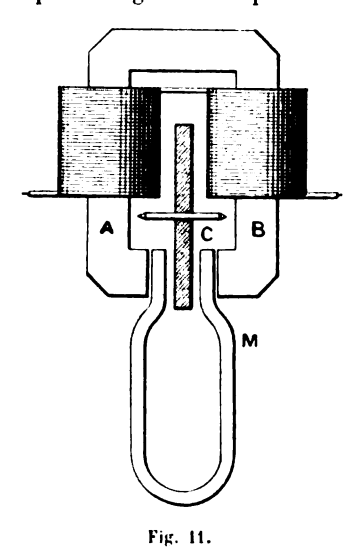


Fig. 11.

pour la magnétisation des aimants de compteur. Celui-ci M est mis en contact avec l'électro-aimant AB. Si on l'aimantait ainsi, comme son espace interpolaire intérieur offre une réluctance bien loin d'être infinie par rapport à celle du barreau, on obtiendrait une aimantation transversale des bouts de celui-ci, chose toute différente de celle qu'on veut obtenir. Mais si dans cet espace ininterpolaire un disque de cuivre épais C est mis en rotation rapide, les courants de Foucault qui s'y développent annulent presque totalement le flux transversal. L'espace interpolaire est ainsi diamagnétique en apparence, et l'aimantation du barreau se produit normalement en suivant l'acier.

Les courants de Foucault se manifestent parfois dans des conditions imprévues. Le grand alternateur exposé à Paris, en 1900, par la Cie Hélios, montrait toujours une tendance à l'échauffement des coussinets principaux, et cela, malgré un montage mécanique absolument irréprochable. On n'en découvrit la cause que longtemps après. L'alternateur reposait sur un bâti de fonte formant cadre continu, tout à l'entour de la partie tournante. Ce bâti était le siège de courants de Foucault très intenses. On a dû, pour les faire disparaître, intercaler un isolant dans

l'un des joints du bâti; mais de part et d'autre de ce joint, on peut à l'aide d'un fil tirer des étincelles, manifestation indubitable d'une tension électrique. Ce phénomène s'observe encore aujourd'hui sur toutes les dynamos du même type installées dans une des Centrales de Saint-Pétersbourg.

Enfin, toutes les personnes qui ont eu à manier des courants alternatifs de très grande intensité sont familiarisées avec les difficultés que suscite, par exemple, l'appareillage intercalé dans les circuits. En fait, les courants alternatifs de très haute intensité sont bien loin d'être d'un maniement facile, tant comme canalisation que comme appareillage; et les courants de Foucault qu'ils développent dans toutes les masses voisines en sont une des principales raisons. R.-V. Picou.

COURANT CONTINU ET COURANT ALTERNATIF

La Compagnie de l'Industrie électrique et mécanique de Genève a fait récemment une série de recherches intéressantes destinées à établir une comparaison entre la façon dont se comportent les matériaux isolants aux hautes tensions continues et alternatives. Ces recherches, dont nous donnons ci-après un compte rendu, ont démontré la supériorité du courant continu sur le courant alternatif pour ce qui concerne les transports d'énergie à de grandes distances. Les excellents résultats que, dans ces dernières années, on a obtenus en Suisse par les transports de force motrice à distance au moyen de courants continus ont permis de se demander s'il n'était pas possible d'augmenter encore la tension. Ceci aurait rendu possible l'utilisation de forces motrices hydrauliques qui, à cause de leur grande distance, ne pouvaient pas encore être employées pour le transport au moyen de courants alternatifs.

En admettant une perte de 10 pour 100 sur la ligne et une dépense de cuivre de 40 kg par kw utilisé à l'extrémité de cette ligne, on est amené, dans l'hypothèse de courant continu, aux valeurs indiquées par le tableau suivant :

Longueur de la ligne en km.	Tension à la station centrale en volts.
10	4 200
100	42 000
1 000	420 000

Si l'on utilise la terre pour le courant de retour, on pourra, pour les mêmes distances, réduire les tensions de moitié.

Si l'on emploie les courants alternatifs simples, la distance de transport est moins grande parce que, en dehors de la chute de tension due à la résistance ohmique, il y a à considérer d'autres phénomènes qui donnent lieu à une augmentation de perte.

Pour faire les essais on disposait d'une dynamo de 20 000 v et de deux dynamos de 25 000 v pouvant fournir une intensité de 1 ampère. Par la mise en tension de ces trois machines, on obtenait par conséquent une tension maxima de 70 000 v avec une puissance de 60 à 70 kw.

Le courant alternatif était engendré par un alternateur à 6 pôles, avec induit lisse, d'une puissance de 75 kw donnant un courant sensiblement sinusoïdal à ondes un peu aplaties. Un tel courant est très favorable pour des mesures d'isolement à haute tension, étant donné que la distance de rupture de l'isolant est de beaucoup inférieure à celle qui correspond aux ondes pointues. Les variations de la tension étaient obtenues en réglant l'excitation ou le rapport de transformation du transformateur employé. Pour les essais à courant continu, cette variation était obtenue en montant en série 2 ou 3 machines ou en changeant l'excitation. Le nombre de lames du collecteur n'était que de 96, par conséquent le courant engendré par les dynamos ne pouvait pas être considéré comme étant parfaitement constant. Cette circonstance avait certainement une influence défavorable pour les essais à courant continu, tandis que les courbes aplaties du courant alternatif favorisaient les essais faits avec ce dernier.

Malgré cela, la supériorité du courant continu a été démontrée d'une façon très nette. Tous les matériaux isolants qui ont été essayés, ainsi que les isolateurs en porcelaine, résistaient sans exception à des tensions continues plus hautes que les tensions alternatives et ne présentaient pas d'échauffement dans le cas de courant continu. Cette dernière circonstance est due en partie à l'absence d'effets de capacité. Parmi les isolateurs en porcelaine qui ont été essayés et qui étaient scellés dans des tiges en fer, quelques-uns seulement ont été percés : dans la plupart des cas la décharge se faisait par l'extérieur. Les isolateurs percés par un courant alternatif résistaient encore à des essais faits dans le laboratoire à de très hautes tensions continues; à l'air libre, par la pluie, cette tension était seulement la moitié. Dans le voisinage de la tension pour laquelle avait lieu une décharge, il se faisait entendre, au cas de courant continu, un bruit insignifiant, tandis que le courant alternatif produisait un très fort ronflement. Avec le courant continu, on avait des étincelles entre les conducteurs, seulement à la limite de décharge. Ce phénomène ne se produisait pas dans le cas de deux conducteurs placés à une distance de 50 cm l'un de l'autre, même pour des tensions de 60 000 v. Si la décharge a lieu entre deux pointes, des étincelles préparent le chemin à l'arc, ainsi la trajectoire est tellement indéterminée qu'il n'est pas possible de dresser une courbe des distances limites de rupture. Ces distances varient à tensions égales, parfois dans le rapport de 1 à 4. Le perçage des isolateurs en porcelaine tout à fait ordinaires, par exemple comme ceux que l'on emploie pour les courants de faible intensité, n'avait pas lieu même à une tension continue de 65 000 v si la porcelaine était homogène, la vitrification parfaite et la distance entre les parties métalliques supérieure à celle

correspondant à la décharge pour la tension d'essai. L'épaisseur de la porcelaine n'a pas d'influence. La tension de perçage de l'isolateur était dans le laboratoire, en moyenne 1,63 fois plus élevée que celle constatée au dehors par la pluie.

Le verre se laisse très difficilement percer : avec une épaisseur de 0,3 mm il peut encore supporter très bien une tension continue de 25 000 v. Un morceau de glace de carreaux résistait encore à une tension de 60 000 v.

Ces essais ont prouvé, en concordance avec les expériences du transport d'énergie Saint-Maurice-Lausanne (60 km, 3750 kw, 22 000 v) que la perte d'énergie à travers les isolateurs, par une tension continue de 22 000 v, est presque nulle, même par le brouillard : sa valeur n'atteint pas 0,02 watt par isolateur. La tension pour laquelle la perte d'énergie dépasse des limites admissibles est en tout cas, suivant les expériences, bien supérieure à 70 000 v. On peut donc, au moyen des courants continus et dans des conditions d'exploitation économiques, atteindre des distances doubles de celles que l'on pouvait atteindre jusqu'à ce jour, et avec beaucoup de difficultés, par les courants alternatifs simples ou triphasés.

On peut transporter à une distance de 335 km, une puissance de 0,75 kw, avec un poids de cuivre de 30 kg et une perte de 10 pour 100 sur la ligne. Si l'on admet une perte de 30 pour 100, on peut transporter jusqu'à 1000 km.

Les expériences faites ont porté : 1° Sur la détermination de la distance limite de perçage;

2° Sur la résistance des isolateurs en porcelaine;

3° Sur la résistance des différents matériaux isolants.

1° Distance de rupture. — Dans les diagrammes des figures 1 et 2 sont données les distances limites de

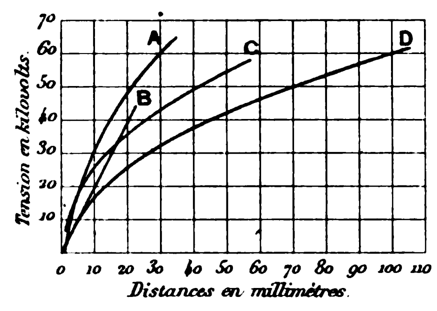


Fig. 1. — Distances et tensions disruptives correspondantes pour courant continu.

A, sphère contre sphère. — B, pointe (—) contre plan (+). C, plan (±) contre sphère (∓). — D, pointe (+) contre plan (—).

rupture entre électrodes de formes différentes, respectivement pour le courant continu et pour le courant alternatif.

On remarque l'influence de la polarité, dans le cas de courant continu, suivant que l'on emploie une plaque ou une pointe comme électrodes. La distance de rupture minima (31 mm à 60 000 v) a été obtenue entre deux électrodes sphériques. La distance maxima (99 mm à 60 000 v) a été obtenue entre une électrode positive en pointe et une électrode négative en plaque. L'influence de la forme des électrodes se manifeste aussi dans le cas de courants alternatifs. Entre deux sphères, la distance de

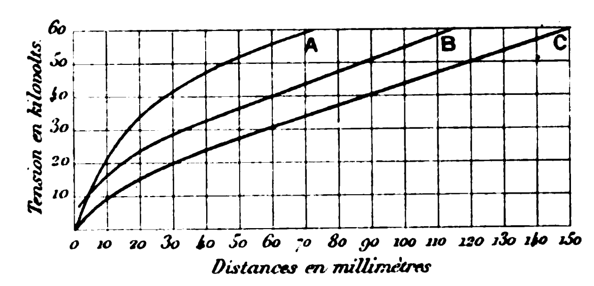


Fig. 2. — Distances et tensions disruptives correspondantes pour courants alternatifs à la fréquence 50.

A, sphère contre sphère. — B, plan contre sphère. — C, plan contre pointe.

rupture a atteint 74 mm à 60 000 v. Entre une plaque et une pointe cette distance devient 149 mm.

Les rapports des distances limites de rupture par courant continu et courant alternatif, les tensions étant les mêmes, sont résumés ci-après :

Forme des électrodes.	30 000 volts.	60 000 volts
Boule contre boule	1,6	2,5
Plan contre boule.	2,4	1,85
Pointe contre un plan.	2,2	1,51

Ce rapport devient encore plus défavorable pour le courant alternatif si la sinusoïde qui représente ce courant est déformée.

2° Essais d'isolateurs. — On a fait une série d'essais sur isolateurs en porcelaine et en verre par courants continus et alternatifs. On augmentait la tension graduellement jusqu'à obtenir la décharge. La manière de se comporter de chaque type à l'essai fait à l'extérieur est résumée dans le tableau ci-dessous :

Type.	A.	B.	C.	D.	E.
Perçage par courant continu.	24 000	34 000	40 000	45 300	40 800
— alternatif.	15 000	21 400	27 000	24 700	31 160
Rapport des tensions limites.	1,6	1,59	1,48	1.55	1,31

Quelques-uns des types essayés ont résisté à une tension de 60 000 v. On remarquait de légers échauffements par des essais à courant alternatif.

3° Essais de matériaux isolants. — A. *Ébonite de 5 mm d'épaisseur.* — a. *Courant alternatif* :

Durée de l'électrisation en secondes.	Tension en volts.	Observations.
90	9 000	Pas de décharge.
30	11 000	—
120	9 000	Gerbes d'étincelles.
15 (plus tard) . .	9 000	Décharge.

b. *Courant continu* (même pièce à l'essai) :

Durée de l'électrisation en minutes.	Tension en volts.	Observations.
2.	10 000	Pas de décharge.
2.	15 000	—
2.	18 000	—
2.	20 000	—
4.	25 000	Décharge.



Le même échantillon qui a été percé deux fois de suite par une tension appliquée de 10 000 v alternative, a résisté encore pendant 12 minutes à une tension moyenne continue de 15 000 v.

B. *Marbre de 20 mm d'épaisseur.* — Par le courant alternatif le perçage eut lieu à 20 000 v après une durée d'électrisation de 75 secondes, une deuxième décharge suivit à 45 000 v après 15 minutes.

Par le courant continu le perçage eut lieu à 45 000 v après 15 minutes, la tension étant augmentée successivement de 5000 v à intervalles de 2 minutes, à partir de 10 000 v.

Ces essais, ainsi que les autres qui ont été faits sur différents matériaux isolants, prouvent que les effets des courants continus sont beaucoup moins importants que ceux des courants alternatifs. Un inconvénient du courant continu tient à ce qu'il sépare électrolytiquement certains matériaux isolants. Cela ne peut d'ailleurs avoir lieu qu'en présence d'eau. Si l'on emploie des matériaux qui ne peuvent contenir de l'eau dans leur intérieur, tels que la porcelaine, le verre ou le mica, ce danger n'est pas à considérer.

Même pour les autres matériaux isolants qui trouvent une application dans la fabrication des machines, le danger n'est pas grand, car la chaleur développée donne lieu rapidement à l'évaporation de l'eau.

A. Cusmano.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

La situation de l'industrie électrique en Angleterre en 1904. — Il n'y a pas de doute que les résultats de cette industrie ont été plutôt décourageants en Angleterre pendant l'année dernière; aussi est-il intéressant de rechercher les causes de cet état de choses.

En 1900 et 1901, on a eu assez de commandes pour utiliser l'activité manufacturière de tout le pays; mais, même pendant ces années-là, les prix ne furent pas très bons, à cause de la concurrence anormale de l'étranger; puis, pendant ces trois dernières années, ils se sont encore bien plus avilis. Il en est résulté que les usines ne sont à présent que partiellement en activité, et le travail qu'elles font est à un prix qui est loin d'être rémunérateur. Pendant 1904, on n'a eu aucun bénéfice en proportion du capital engagé dans les usines d'appareils électriques. Tout cela s'explique par suite de ce que la capacité productive de l'Angleterre s'est augmentée, tandis que les commandes ont diminué. On se demande quand les affaires s'amélioreront et si l'on pourra même espérer obtenir cette amélioration dans un avenir prochain, on craint que beaucoup de capital engagé ne soit perdu. On considère comme une consolation le fait que, pendant les années de prospérité, les fabricants du continent ont passé par une crise aussi sérieuse mais, par suite d'une fusion et d'une association bien comprise des fabricants, tout s'est amélioré. Il semble qu'une pareille crise doive inaugurer aussi en Angleterre une semblable amélioration. La turbine à vapeur a fait de grands progrès, et plusieurs constructeurs importants ont organisé des installations pour les construire.

Jusqu'à présent, la fabrication des turbines et des machines électriques est restée l'apanage de certaines maisons, mais MM. Willans et Robinson se sont décidés à fabriquer les turbines seules et à en laisser la partie électrique à d'autres maisons, comme MM. Siemens frères et Dick Kerr and C°. Aussi les constructeurs-électriciens prêtent beaucoup d'attention à ces machines, qui peuvent dans un avenir prochain remplacer avantageusement les générateurs actuels.

Les omnibus automobiles. — La *London Road Car C°* fait un emprunt de 2 900 000 fr en actions parmi ses actionnaires pour la substitution d'omnibus automobiles à ses omnibus à chevaux. On effectuera cette transformation graduellement, et on ne pense pas avoir de diminution dans les recettes pendant le changement. Le nouveau type d'omnibus portera plus de voyageurs que ceux à chevaux, et on aura aussi de plus petits omnibus pour certains trajets.

La télégraphie Marconi. — Il paraîtrait que le Postmaster General a fait des arrangements provisoires avec la Compagnie Marconi pour l'acceptation et le paiement d'avance aux bureaux de télégraphes du Royaume-Uni des télégrammes destinés à être transmis à des stations sans fil sur la côte et en pleine mer. On percevra 65 centimes par mot avec un minimum de 7,80 fr par télégramme. Les télégrammes seront expédiés aux risques de ceux qui les envoient pour une distance de 240 km.

On dit que le gouvernement turc a passé un contrat avec MM. Siemens et Halske, qui représentent la Compagnie de Berlin pour la télégraphie sans fil à Constantinople, en vue de l'établissement de deux stations séparées par une distance de 700 km, et que la Turquie paiera les frais. Les deux stations seront placées à Rhodes et au port de Derna sur la côte d'Afrique.

Dans l'Inde, un essai en vue d'établir une communication par la télégraphie Marconi a été fait entre Diamond Island et Amhurst, à travers le Delta de l'Iraouaddy et le golfe de Martaban, mais il n'a pas eu grand succès à cause des perturbations atmosphériques.

Une installation de levage par courants triphasés. — Dans une communication lue devant l'*Institute of Mining Engineers* par M. William Ilan, on trouve une description de l'installation des mines de Shirebrook. Elle consiste en deux machines à vapeur compound, à détente Meyer, tournant à 95 tours par minute, recevant de la vapeur surchauffée, attaquant au moyen d'une

courroie un arbre intermédiaire; et de cet arbre, par des courroies encore, est actionné un générateur à courant triphasé et une excitatrice. On peut remarquer que cet arbre intermédiaire représente une perte probablement de 10 à 15 pour 100 de la puissance de la machine. Il est difficile d'expliquer pourquoi les ingénieurs des mines préfèrent des machines à faible vitesse angulaire et des arbres intermédiaires avec courroies — peut-être leur idée est-elle qu'une machine à faible vitesse est moins compliquée et ne s'use pas aussi vite — mais on peut dire que l'augmentation de l'espace occupé, une plus grande dépense dans l'installation de la salle de machines, en fondations, etc., sont des points bien importants; aussi, dans certains cas, y a-t-il avantage à préférer les machines à grande vitesse.

L'alternateur est du type Westinghouse à trois phases, dix pôles, pouvant fournir 75 kilowatts à 400 volts et à la fréquence de 60. L'excitation est donnée par une excitatrice séparée, qui consiste en un générateur de 1,5 kilowatt, 125 volts, excité en compound, fonctionnant à une vitesse de 1300 tours par minute. L'alternateur est lui-même entraîné à une vitesse de 720 tours par minute. Du générateur, le courant est conduit par un câble à trois conducteurs d'une longueur de 648 m jusqu'au moteur souterrain, qui est un moteur Westinghouse de 75 kilowatts à 400 volts à une vitesse de 580 tours par minute, et dont le rotor est du type à cage d'écureuil.

Le machine est mise en marche par des auto-transformateurs, et conséquemment, comme la puissance nécessaire pour faire démarrer le moteur en charge est élevée, il est nécessaire de débrayer les organes qu'il actionne et de le faire démarrer à vide.

La puissance du moteur est transmise à un appareil de levage au moyen d'une courroie large de 32 cm qui commande un premier engrenage à simple réduction de vitesse et par un autre train de réduction à vis sans fin fait mouvoir les poulies actionnant les cordes. Ces dernières sont débrayées au moyen d'un embrayage à griffes du type ordinaire actionné par des roues à main. La vitesse des cordes de traction, qui sont sans fin, est de 3,2 km par heure.

Le système de tension des cordes consiste en un bogie à balance, portant une poulie de 1,5 m de diamètre qui fonctionne sur un plan incliné.

Le tableau suivant donne les résultats d'un essai de 6 heures fait avec cette installation.

	Puissance absorbée en centièmes.
Machine et arbre intermédiaire	29,6
Alternateur et excitatrice	9,8
Câbles, train de réduction, moteurs	20,3
Cordes	8,5
Charge absorbée par les bennes pleines de charbon	31,8

On remarquera que la puissance absorbée par la machine et l'arbre intermédiaire est considérable. Le rendement mécanique de la machine, celui de l'arbre intermédiaire et des courroies est de 0,8. Le rendement électrique est de 57,3 pour 100. La consommation de vapeur est de 17 237 kg par heure.

L'électrification du chemin de fer métropolitain de Londres. — Ce chemin de fer, qui a déjà des trains électriques en fonctionnement, sera actionné par du courant continu, obtenu à l'aide de convertisseurs rotatifs placés dans des sous-stations; l'énergie est transmise à celles-ci sous la forme de courants alternatifs triphasés à 11 000 volts et 33,3 périodes par seconde. Dans les deux cas, l'installation est faite et fournie par la *British Westinghouse C°* qui a adopté les turbo-alternateurs à vapeur Westinghouse-Parsons sur la plus grande échelle que l'on connaisse.

La station centrale se trouve tout près des usines de la Compagnie pour la construction des locomotives, à Weasden. Il s'y trouve une provision abondante d'eau pour les chaudières dans un puits qui a une profondeur de 120 m.

Le bâtiment principal des usines a 130 m de longueur sur 30 m de largeur.

Dans la salle de chaudières, il y a 10 chaudières multitubulaires Babcock et Wilcox, munies de surchauffeurs de Babcock et de chauffeurs automatiques. Ceux-ci sont actionnés par des moteurs blindés verticaux Westinghouse. Les chaudières doivent vaporiser 9072 kg d'eau chacune par heure, en fonctionnant à une pression de 7 kg : cm². La vapeur subit ensuite une surchauffe de 180° Fahrenheit. Des grues amènent le charbon dans un grand réservoir situé à un bout de la salle des chaudières. Là, il est broyé à la dimension nécessaire et envoyé par un transporteur mécanique à des réservoirs situés en haut. Il tombe ensuite par son poids dans de petits réservoirs où il est automatiquement pesé par des machines Avery. On a aussi disposé les choses pour que ce même transmetteur enlève les escarbilles.

Deux économiseurs installés à ce moment, dont les grattoirs sont actionnés par des moteurs triphasés, sont de la fabrication bien connue de MM. Green, chacun contient 1760 tubes. Ils se trouvent dans une chambre divisée en deux parties, dont chacune est pourvue d'un ventilateur. La cheminée a une hauteur de 60 m; elle a 4,5 m de diamètre à la base; on y accède par un carneau de 8,4 m de largeur divisé en deux parties par une cloison.

C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 16 janvier 1905.

Pas de communication présentant un caractère électrique.



Séance du 23 janvier 1905.

Champ magnétique auquel est soumis un corps en mouvement dans un champ électrique. — Note de M. Pellat, présentée par M. Poincarré. — *Un corps animé d'une grande vitesse v dans un champ électrique d'intensité Φ est soumis par là même à un champ magnétique dont la direction est normale au plan contenant la direction de la vitesse et celle du champ électrique, dont le sens est la droite d'un observateur disposé de façon que le mouvement aille de ses pieds à sa tête et qui regarderait dans le sens du champ électrique, et dont l'intensité est donnée par :*

$$\mathcal{H} = K\Phi v \sin \alpha. \qquad (1)$$

en appelant α l'angle de la vitesse et du champ électrique et K le pouvoir inducteur spécifique du milieu, cette relation étant exacte dans l'un et l'autre système d'unités électriques.

Pour établir cette proposition, considérons un condensateur à armatures planes parallèles et indéfinies, chargé et présentant une densité uniforme σ sur ses faces en regard. Pour la commodité du langage, prenons ces armatures verticales. Supposons qu'elles se déplacent, en emportant leur charge, avec un grande vitesse v, dans leur propre plan, suivant une direction horizontale. Pour tout point fixe placé entre les armatures, il en résultera un champ magnétique, car chaque bande horizontale des armatures en mouvement produit l'effet d'un courant électrique; il est facile de voir que les deux armatures produisent des champs magnétiques de même sens, que le champ magnétique résultant est uniforme, que sa direction est verticale, son sens donné par la règle d'Ampère et son intensité par

$$\mathcal{H} = 4\pi\sigma v. \qquad (2)$$

Si nous supposions maintenant un déplacement des armatures dans une direction normale à celles-ci, les considérations de symétrie montrent immédiatement que le champ magnétique en P serait nul. On déduit de ce qui précède que, si le déplacement des armatures a lieu dans une direction faisant un angle α avec les lignes de force du champ électrique et une vitesse v, l'intensité du champ magnétique est donnée par

$$\mathcal{H} = 4\pi\sigma v \sin \alpha. \qquad (3)$$

La relation entre l'intensité Φ du champ électrique et la densité σ sur les armatures est $K\Phi = 4\pi\sigma$; en remplaçant il vient :

$$\mathcal{H} = K\Phi v \sin \alpha. \qquad (4)$$

Remarquons maintenant que, en vertu du principe *d'action de milieu*, l'effet sera le même si le point P considéré a le même mouvement relatif par rapport aux lignes de force d'un champ électrique de même intensité, quelle que soit la manière dont ce champ électrique est obtenu et quelle que soit la manière dont le mouvement relatif est produit. En particulier, si les lignes de force du champ électrique sont immobiles et le point P en mouvement, il se produira pour ce point (portion d'un aimant, d'un solénoïde, d'un courant) un champ magnétique conformément à l'énoncé qui est en tête de cette note.

On voit que la relation (1) a même forme que la relation qui donne l'intensité du champ électrique agissant sur un point mobile dont la trajectoire coupe sous un angle α les lignes de force d'un champ magnétique : il n'y a qu'à permuter $\mathcal{H}$ et Φ et à changer K en μ (perméabilité magnétique) dans les formules, à permuter « magnétique » et « électrique » dans l'énoncé et à changer « droite » en « gauche ». Ainsi le phénomène dont la loi est donnée en tête de cet article est le phénomène réciproque de l'induction électromagnétique.

Si, dans la relation (1), nous employons les unités électromagnétiques, on a $K = \frac{k}{U^2}$, en désignant par k la constante diélectrique du milieu (l'unité dans le cas du vide) et par U le rapport des unités ($U = 3 \cdot 10^{10}$); de façon que la relation devient :

$$\mathcal{H} = \frac{k\Phi v \sin \alpha}{U^2}. \qquad (5)$$

Il n'est pas difficile d'obtenir pour $\frac{\Phi}{U}$ une valeur de plusieurs unités; mais pour que $\mathcal{H}$ soit notable, il faut encore que $\frac{v}{U}$ ne soit pas trop inférieur à l'unité, c'est-à-dire que v ne soit pas trop éloigné de la vitesse de la lumière. Ce ne sont guère que les corpuscules lancés par une cathode ou par un corps radioactif qui peuvent être dans ce cas.

M. Villard a montré [1] que les rayons magnéto-cathodiques découverts par M. A. Broca subissent une déviation en coupant les lignes de force d'un champ électrique. M. Fortin [2] a donné de ce phénomène une explication simple et excellente, si l'on admet que ces rayons sont formés par les mêmes corpuscules que les rayons cathodiques ordinaires; dans ce cas, le phénomène que nous venons d'exposer ne donne naissance qu'à un terme correctif pour la formule de déviation établie par M. Fortin. Mais si, conformément à une expérience de M. Villard, les rayons magnéto-cathodiques ne transportent avec eux qu'une charge plus faible que celle des rayons cathodiques, l'explication de M. Fortin ne convient plus. Peut-être, peut-on alors expliquer le phénomène de la déviation rien que par la composition du champ magnétique produit par le mouvement dans le champ électrique de ce qui constitue les rayons magnéto-cathodiques avec le champ magnétique préexistant (celui de l'électro-aimant) : ces deux champs magnétiques, à angle droit, donnent par leur composition un champ oblique que doit suivre le rayon magnéto-cathodique, d'après sa propriété fondamentale. Le sens de la déviation due à cette cause est bien conforme à celui trouvé par M. Villard. Quant à l'ordre de grandeur, il faudrait connaître les intensités des champs électriques et magnétiques employés par ce physicien pour voir si l'explication ne nécessite pas des valeurs trop grandes pour la vitesse des rayons magnéto-cathodiques. Tout ce que l'on peut dire, c'est qu'avec des intensités de champ facilement réalisables et des vitesses d'un ordre de grandeur très acceptable, on obtiendrait

[1] Villard, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 6408.
[2] Fortin, *ibid.*, p. 1594.

de ce chef des déviations non seulement visibles, mais bien mesurables.

Sur les ions de l'atmosphère. — Note de M. P. Langevin, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Contribution à l'étude de l'ionisation dans les flammes. — Note de M. Pierre Massoulier, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Sur les coefficients d'aimantation spécifique des liquides. — Note de M. Georges Meslin, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus.*)

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 1er février 1905.

La séance est ouverte à 8h 45m sous la présidence de M. Desroziers, vice-président. Après l'expédition des affaires courantes, l'ordre du jour appelle la communication de M. Joly sur l'**Application de l'ampèremètre thermique J. Carpentier à la mesure des puissances et des décalages polythermiques.**

La connaissance du facteur de puissance dans les réseaux à courants alternatifs préoccupe depuis longtemps les directeurs de stations centrales, qui cherchent à taxer les appareils absorbant du courant en quadrature.

L'emploi du phasemètre permet de connaître la valeur du déphasage, mais ce n'est pas toujours suffisant, comme on le verra plus loin. M. Joly décrit en passant le phasemètre Carpentier, qui se compose d'un petit moteur synchrone constitué par une étoile de fer doux à quatre branches se déplaçant entre les pièces polaires d'un électro-aimant excité en dérivation et relié à la canalisation à courant alternatif. L'arbre supportant l'étoile de fer doux en reçoit une deuxième qui tourne entre les pôles d'un électro traversé par le courant principal.

Si les deux courants sont en phase, les deux étoiles auront leurs branches en regard ; mais s'il y a un déphasage, l'une d'elles aura une tendance à rester en arrière. Un dispositif approprié enregistre sur un cadran le décalage des deux croix qui représente le déphasage cherché. La mesure n'est pas exempte de critique, car cet angle n'est pas identique à l'angle φ défini par la relation $\cos \varphi = \frac{P_{moy}}{U_{eff} I_{eff}}$.

Dans le but de déterminer plus exactement ce facteur, M. Carpentier propose, pour effectuer les essais sur les réseaux, un appareil thermique qui permet de faire plus rigoureusement la mesure. Rappelons que les appareils thermiques industriels de ce constructeur se composent d'un fil fin parcouru par le courant à étudier compensé par un fil identique non traversé par le courant, un dispositif ingénieux enregistre leur différence de dilatation. A cause de la finesse du fil, ces appareils consomment peu de courant et leurs indications sont assez rapides.

Pour la mesure du facteur de puissance, M. Carpentier utilise le fil compensateur d'un appareil de ce genre; les mesures se font de la façon suivante : 1° on mesure I_{eff} à l'aide d'un shunt traversé par le courant relié à l'un des fils du thermique; 2° on mesure U_{eff} en utilisant le même fil et en lui ajoutant une résistance non inductive; 3° on mesure P_{moy} en reliant les extrémités du V formé par les deux fils à un shunt parcouru par le courant total et le sommet du V à une résistance non inductive reliée à l'autre pôle. La déviation étant proportionnelle à la différence d'allongement des fils, on démontre que cette différence est proportionnelle à P_{moy}.

Un même cadran sert à faire les trois lectures qui déterminent le facteur de puissance, comme on l'a vu plus haut.

M. le Président remercie M. Joly de son intéressante communication et donne la parole à M. Dusaugey sur la **Description des appareils de protection contre les surtensions actuellement employés dans les réseaux de transport d'énergie.**

A la suite des essais de M. David sur les surtensions, la Commission chargée de cette étude a pensé qu'il serait utile de classer les appareils destinés à prévenir ces dangereux phénomènes, et elle a prié M. Dusaugey de faire cet intéressant travail.

Les appareils de protection des réseaux et machines contre les surtensions peuvent, comme l'indique M. Dusaugey, se diviser en deux classes :

Les appareils à fonctionnement discontinu et ceux à fonctionnement continu.

1° *Appareils à fonctionnement discontinu.* — Les appareils de la première catégorie, vraies soupapes de sûreté, sont généralement constitués par deux armatures séparées par de l'air ou de l'huile. Chacune d'elles est reliée à un câble, si l'on veut un limiteur de tension; ou l'une à un fil, l'autre à la terre, si l'on veut un parafoudre.

Les armatures affectent des formes très diverses : sphères, pointes, cylindres; on les fait en cuivre, en zinc ou en un alliage de ces deux métaux avec de l'antimoine. La distance des armatures est réglée approximativement d'après des tables ou des courbes, on termine ensuite expérimentalement ce réglage. C'est ainsi que sur des appareils destinés à fonctionner en Amérique sur une ligne à 60 000 volts, l'écartement est de 11 cm. Ces appareils doivent être placés dans un endroit clos pour éviter les court-circuits provenant de la chute de corps étrangers entre les armatures.

Tous ces appareils sont pourvus de dispositifs destinés à arrêter le court-circuit; ce sont tantôt des résistances sans self, des souffleurs d'étincelle, un courant d'air forcé ou non, etc.

Les résistances sans self sont constituées par des bains de sable humide, des fils plongés dans l'*huile*, etc.; mal-



heureusement à cause de leur valeur élevée, si elles évitent le court-circuit, elles nuisent au passage de certaines décharges un peu violentes.

On peut encore couper l'arc entre des intervalles d'air convenablement disposés; ces appareils dits à intervalle multiple, dont le parafoudre de Würtz est le type, sont très employés en Amérique; ils sont assez efficaces grâce à l'emploi d'un métal anti-arc.

2° *Appareils à fonctionnement continu.* — Tout autre est le fonctionnement de ces appareils, qui laissent écouler constamment un certain courant de fuite empêchant assez bien les surélévations de tension; ils sont par suite très efficaces et commencent à se répandre.

On les constitue par de simples résistances ohmiques obtenues avec des colonnes d'eau courante ou même de simples jets d'eau, comme on le verra plus loin.

M. Dusaugey examine ensuite les dispositifs utilisés sur les principaux réseaux de distribution d'énergie, choisis parmi les plus développés.

Tout d'abord la *Société d'énergie électrique du Littoral Méditerranéen*, qui possède plus de 200 km de lignes, emploie, pour combattre les surtensions, des appareils de la première catégorie à intervalles d'air en série avec des résistances en charbon. Ces appareils sont disposés dans les usines génératrices, les postes secondaires. A l'entrée des câbles souterrains, on a installé un limiteur de tension composé de 9 intervalles d'air de 1,5 mm en série avec une résistance de 10 000 ohms environ (la tension normale du réseau en ces points est voisine de 11 000 v).

La *Société d'énergie de Grenoble et Voiron*, dont le réseau est soumis à des surtensions fréquentes d'origine atmosphérique, emploie à son usine une batterie de parafoudres à corne avec résistance à la terre (8 à 10 000 ohms), constituée par du sable humide; en outre, des limiteurs de tension, placés entre les parafoudres et les machines, ont supprimé depuis longtemps les surélévations dangereuses pour le matériel. La ligne comportait autrefois des parafoudres situés tous les 2 km, mais on dut les supprimer, car ils étaient une cause fréquente d'arrêt à cause de leur fonctionnement intempestif. Dans les postes de transformateurs on a installé, comme sur le Littoral, des appareils de la première catégorie.

La *Société d'énergie électrique de Vizille*, située dans une région particulièrement orageuse, utilise des limiteurs de tension de la deuxième classe, qui lui donnent d'excellents résultats. Ces appareils continus sont constitués par trois tubes verticaux en grès de 2,5 m de long et de 15 cm de diamètre, recevant par le bas un courant d'eau provenant d'une canalisation générale; cette eau s'élève dans les tubes et déborde par le haut; en cet endroit on fait plonger trois conducteurs en relation avec le réseau à haute tension. Cet appareil consomme environ 5 kw, mais malgré cette dépense la Société qui l'utilise s'en montre très satisfaite, car elle n'a plus eu d'accidents à déplorer depuis deux ans.

A Genève, on a installé des appareils analogues, qui sont très appréciés. D'autre part, la *Compagnie Vaudoise du lac de Joux* met chacun des pôles de son installation à la terre par de simples jets d'eau qui viennent frapper les fils et dont on règle la longueur à volonté. Ce réseau n'a jamais eu de surtensions depuis l'installation de ces appareils.

La *Société des forces motrices du Fier* constatait autrefois de fréquentes surtensions sur ses lignes; mais elles ont disparu, depuis que l'on a installé deux appareils à colonne du genre de ceux de Vizille.

Enfin la *Société d'Applications industrielles* a installé sur le réseau de la Société méridionale trois jets d'eau correspondant chacun à un des fils du système triphasé qu'ils viennent frapper séparément.

Résumé. — Il semble, dit M. Dusaugey, que l'on puisse obtenir une protection assez efficace avec une bonne isolation du réseau et des appareils, et en ménageant des espaces d'air suffisants partout où c'est nécessaire.

On devra en outre installer les appareils suivants :

1° Un parafoudre discontinu avec soufflage automatique *sans résistance* sur le circuit de terre et à grand écartement (destiné à arrêter les forts coups de foudre).

2° Un parafoudre discontinu à deux ou plusieurs intervalles d'air avec résistance en série sur le circuit de terre. La distance entre les armatures devra être telle que l'arc s'amorce avec une tension de 1,5 à 2 fois la tension de service.

3° Un appareil continu avant les machines, à colonne d'eau ou à jet, dont on doit pouvoir à volonté régler le débit suivant les circonstances.

4° Entre les interrupteurs du réseau et la machine on place un limiteur de tension à fonctionnement discontinu entre chaque fil, il protégera les machines des manœuvres de l'interrupteur.

Enfin en avant des machines on placera des bobines de self. Pour les lignes on devra employer de robustes isolateurs essayés au préalable à trois ou quatre fois la tension normale; on renoncera à l'installation d'appareils rudimentaires à des distances régulières, comme on le faisait autrefois; on les remplacera par des postes de parafoudre moins nombreux, mais situés en des endroits judicieusement choisis.

Le raccord d'une ligne aérienne à une ligne souterraine se fera en interposant un parafoudre, un limiteur de tension, l'interrupteur, une bobine de self et le câble.

Tels sont les résultats de l'enquête à laquelle s'est livré M. Dusaugey, et dont l'exposé vaut à son auteur de nombreux applaudissements.

M. le Président ajoute un mot pour demander à M. Dusaugey s'il a quelques données sur le parafoudre à action continue de M. Thury.

M. Dusaugey répond que le parafoudre à cohéreur de M. Thury existe depuis trop peu de temps pour qu'il ait pensé à le signaler dans son énumération; il ajoute qu'on n'a pas de renseignements précis sur la poudre entrant dans sa composition.

M. Chaumat pense que cet appareil contient un mélange de poudre de graphite et de magnésie; il estime que le

grésillement continu qu'il fait entendre en service est un indice de son bon fonctionnement.

M. le Président remercie M. Dusaugey de sa remarquable communication que les électriciens liront avec un vif intérêt, étant donné son importance actuelle.

La séance est levée à 10h 15m. A. S.

BIBLIOGRAPHIE

Résistance, inductance et capacité, par J. Rodet. — *Gauthier-Villars*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 23 × 14 cm; 257 pages.

Encore un bon ouvrage à l'actif de M. Rodet, que ses travaux successifs placent décidément au rang de nos bons électriciens. Sous ces trois mots, pour l'un desquels (« capacité » au lieu de « capacitance ») l'auteur a manqué d'énergie homogénique, se dissimule une étude des plus intéressantes sur les propriétés essentielles du courant électrique en général et sur certains phénomènes plus spéciaux aux courants alternatifs.

Chacune des propriétés en question fait l'objet d'un des chapitres du livre, et l'étude en est accompagnée de celles des particularités qui s'y rattachent. Telles sont les résistances à sens unique, couples à anode d'aluminium et redresseur Cooper-Hewitt à vapeur de mercure, dans le premier chapitre; l'inductance des canalisations, la résistance des conducteurs au courant alternatif et le calcul des bobines d'inductance, pour le second: et enfin, dans le troisième, le calcul du courant de charge et de la puissance d'un condensateur, la théorie élémentaire des phénomènes de résonance, des considérations sur la distribution du potentiel dans la masse des diélectriques, comprenant le nouveau condensateur électrodynamique de Swinburne, enfin le calcul de la capacité des canalisations et du courant de charge d'une ligne, suivi de la théorie élémentaire des oscillations électriques.

La lecture de cet ouvrage et son utilisation pratique sont d'ailleurs grandement facilitées par de nombreux diagrammes, exemples numériques et tableaux qui en font un livre réellement précieux, pour ne pas dire indispensable. E. Boistel.

Annuaire du bureau des longitudes pour 1905. — *Gauthier-Villars*, éditeur. — Format habituel : 155 × 95 mm; 788 pages. Prix : 1,50 fr.

Le premier cycle du nouveau roulement annoncé en 1903 est accompli et le second recommence avec ce volume qui contient des Tableaux détaillés relatifs à la Métrologie, aux Monnaies, à la Géographie, à la Statistique et à la Météorologie, et ne renferme pas, par contre, de données physiques et chimiques réservées pour l'année prochaine. Nous espérons que ce répit régulier et réglementaire permettra de remettre au point et au niveau actuel de la Science un certain nombre de définitions et de données un peu arriérées ou négligées dans ce précieux *vade mecum* et sur lesquelles des plumes plus autorisées que la n tre ont déjà appelé l'attention de qui de droit. Ce monument scientifique contenant la loi et les prophètes a toujours été et est trop considéré à l'étranger comme chez nous pour que son impeccabilité ne s'affirme pas constamment par les rectifications ou améliorations que les progrès de la science imposent chaque jour, et nous profitons de ce que les très intéressantes données de l'an présent échappent à l'objet immédiat de nos études et, par suite, aux critiques des plus difficiles, pour signaler respectueusement à charitable révision quelques-uns des rares points qui en subsistent cependant comme accessoires d'autres branches de la science. Tels sont ce qui est relatif à l'accélération, exprimée, par inadvertance, en mètres (mesure de longueur), et, dans un autre ordre d'idées, des Tableaux et formules établis en équivalents chimiques, à côté d'autres dressés en poids atomiques.

Sur ce, Gros Jean ayant parlé, nous ne saurions trop recommander dans ce nouvel annuaire la suite de la très remarquable Notice de M. Hatt intitulée « Explication élémentaire des Marées », dont la première partie a été le joyau du volume de l'an dernier. Traité alors au point de vue général, le phénomène est ici localement envisagé. Puisse-t-il, dans ces conditions, devenir un intéressant aliment d'étude et de conversation pour les baigneurs trop désœuvrés ! E. Boistel.

Découpage, matriçage, poinçonnage et emboutissage, par Woodworth. — Ouvrage traduit de l'américain et augmenté par G. Richard. — *Vve Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25 × 16 cm; 336 pages. Prix : 15 fr.

Il appartenait bien à l'aimable et sympathique auteur de cette traduction, grand découpeur devant le Seigneur, auquel nous sommes redevables de tant de connaissances empruntées par ses soins et sa compétence aux revues et périodiques étrangers, de nous montrer, au point où il en est de sa carrière, la manière de s'en servir. Les Américains étant d'ailleurs dès longtemps passés maîtres dans la conception, l'étude, la construction et l'utilisation de l'outillage appliqué à la production de pièces quelconques confectionnables par grandes séries, telles que le comportent leur vaste marché et leur manière de faire industrielle, il ne pouvait puiser à meilleure source les enseignements ici donnés sur la production économique des pièces en métal mince à nombreuse répétition.

La majeure partie des opérations indiquées en tête de ce livre étant de celles aujourd'hui couramment prati-

quées dans les ateliers de construction électrique, c'est pour nous un devoir de le signaler dans nos colonnes; c'est d'ailleurs en même temps un plaisir, étant donné l'ingéniosité toute particulière qu'il nous montre chez une nation éminemment pratique, dont l'intelligence se résoud en une fiévreuse activité tenant autant du besoin de faire vite que du désir de faire grand, ou tout au moins plus grand....

L'ouvrage comporte douze chapitres fondamentaux qui en occupent les trois quarts, le dernier quart étant dévolu à une Annexe anonyme, mais que nous supposons due au traducteur, étant donné l'indication du titre « Traduction avec Annexe » par G. R.; la modestie de l'auteur ne lui a cependant pas permis de nous le dire en quelques lignes d'avertissement dont nous regrettons l'absence.

Édité avec le soin habituel de la maison Dunod, ce travail bénéficie en outre de la clarté et de la lumière qu'y font régner avec le blanc qui les encadre les nombreuses figures dont il est orné. E. BOISTEL.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. JOSSE, *17, boulevard de la Madeleine, Paris.*

339 195. — **Faget.** — *Appareil pour la transformation de courants alternatifs de tension et fréquence constantes en courant continu de tension variable à volonté* (30 novembre 1903).

339 197. — **Canivet et Legros.** — *Générateur électrique* (30 novembre 1903).

346 431. — **Marconi's Telegraph C°.** — *Transmetteur télégraphique* (23 septembre 1904).

346 432. — **Marconi's Telegraph C°.** — *Perfectionnements aux appareils transmetteurs pour la télégraphie sans fil* (23 septembre 1904).

346 484. — **Damaskinos.** — *Appareil télégraphique automatique* (13 juin 1904).

346 418. — **Fortescue.** — *Noyaux pour transformateurs électriques* (22 septembre 1904).

346 457. — **Elektrizitäts Aktiengesellschaft und Lahmeyer.** — *Montage pour machines à courants alternatifs simples ou polyphasés* (24 septembre 1904).

346 468. — **Société Elektricitäts Aktiengesellschaft m. b. Haftung.** — *Dispositif applicable aux machines électriques pour conserver les collecteurs* (24 septembre 1904).

346 532. — **Finzi.** — *Inducteurs pour machines à courant continu et à courant alternatif simple* (12 septembre 1904).

346 445. — **Grivolas.** — *Coupe-circuit* (24 septembre 1904).

346 519. — **G. et H.-B. de la Mathe.** — *Conducteurs électriques* (5 septembre 1904).

346 533. — **Finzi.** — *Système pour régler la tension dans les circuits d'utilisation alimentés par un courant alternatif* (12 septembre 1904).

346 528. — **H. et P. Bourgeois.** — *Instrument de mesure électrique portatif* (10 septembre 1904).

346 427. — **De Mare.** — *Ventilateur à ozone* (23 septembre 1904).

346 691. — **Lodge.** — *Télégraphie sous-marine* (29 septembre 1904).

346 668. — **Société Gramme.** — *Compteur d'énergie électrique* (28 septembre 1904).

346 760. — **Kieseritzky.** — *Procédé pour régénérer les plaques négatives des accumulateurs, de capacité amoindrie ou pour empecher la diminution de capacité des plaques neuves* (3 octobre 1904).

346 804. — **Hobel.** — *Procédé de fabrication d'électrodes pour accumulateurs* (4 octobre 1904).

346 811. — **Doyen.** — *Tonneau tournant pour dépôts électrolytiques* (5 octobre 1904).

346 738. — **Carbone.** — *Lampe à arc* (1er octobre 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Compagnie générale d'Électricité. — L'Assemblée annuelle de cette Compagnie s'est tenue le 10 décembre dernier, sous la présidence de M. Ch. Herbault, président du Conseil d'administration.

Les résultats de l'exercice 1903-1904 se sont traduits par 2 100 000 fr de produits industriels, en avance de 309 400 fr sur ceux de l'exercice précédent, et par 1 306 800 fr de bénéfices nets contre 1 105 700 fr en 1902-1903.

Cette amélioration serait due en grande partie aux résultats fournis par les stations centrales, mais il convient de constater que les usines de fabrication y ont contribué, comme précédemment, pour une part appréciable.

La Compagnie, durant l'exercice écoulé, n'a entrepris aucune affaire nouvelle; elle a même cédé sa part d'intérêt dans la Société *Ouest-Lumière*. Le profit de cette cession ne figure d'ailleurs pas dans les bénéfices de l'exercice.

Par contre, des progrès sensibles sont à signaler dans les stations centrales, dont la situation s'établit comme suit :

Nombre d'abonnés desservis :

Au 30 juin 1904	6689
Au 30 juin 1903	6020
Augmentation	669

Lampes de 30 watts reliées sur réseaux :

Au 30 juin 1904	423 864
Au 30 juin 1903	367 362
Augmentation	56 502

Moteurs électriques en service :

	Nombre.	En chevaux.
Au 30 juin 1904	1681	3643
Au 30 juin 1903	1421	2911
Augmentation	260	732

Recettes :

Exercice 1903-1904	2 720 363,07 fr.
Exercice 1902-1903	2 442 368,36
Augmentation	277 994,71 fr.

Parmi les stations centrales filiales de la Compagnie, il y a lieu de mentionner spécialement la *Société d'Électricité d'Angers* et la *Société d'Éclairage électrique de Bordeaux.*

Le nombre des abonnés reliés au réseau d'Angers est de 475 et celui des lampes, de 38 000, en progression plus importante que ne l'escomptait la Compagnie, et qui a nécessité l'installation d'un nouveau groupe électrogène de 600 poncelets, lequel est maintenant mis en marche.

Comme figurant au nombre d'abonnés nouveaux de la Société d'Angers, il faut citer l'*École d'arts et métiers*, dont tous les services ont été reliés au réseau.

En ce qui concerne la *Société d'Éclairage électrique de Bordeaux*, dont le capital social n'est que d'un million de francs, il y a lieu de remarquer la progression régulière des bénéfices nets qui, pour les trois derniers exercices, se chiffrent ainsi :

1901-1902	263 371 fr.
1902-1903	349 524
1903-1904	427 186

Le 18 avril 1904, la Société a conclu avec la ville de Bordeaux un traité qui, approuvé depuis par l'autorité supérieure, régit désormais son exploitation.

En compensation des charges nouvelles qui lui ont été imposées de ce chef, la Société de Bordeaux a obtenu de la Ville une concession, qui ne prendra fin que le 30 juin 1934.

La sécurité que lui crée le nouvel état de choses a permis à la Société de trouver, à Bordeaux même, comme auprès de la Compagnie générale d'Électricité devenue son principal actionnaire, les appuis financiers nécessaires au développement qui s'est déjà, sous le nouveau régime, c'est-à-dire depuis le 1[er] juillet dernier, accru dans des proportions plus élevées que dans le passé. C'est ainsi que pendant les cinq premiers mois de l'exercice en cours, le nombre des abonnés s'est augmenté de 230, ce qui vraisemblablement doit entraîner l'installation prochaine d'une nouvelle unité électrogène.

Il y a lieu de noter aussi la bonne marche de la *Compagnie générale d'Accumulateurs.* Les bénéfices de l'exercice 1905 se sont élevés à 191 404 fr, alors qu'en 1902, ils avaient seulement atteint 114 996 fr. Malgré l'augmentation de 76 408 fr dans les bénéfices, le Conseil de cette Société n'a pas cru devoir proposer la distribution d'un dividende, préférant, par d'importants amortissements, consolider la situation financière de la Société.

Par contre, la *Compagnie de Traction par trolley automoteur* s'est vue dans l'obligation d'entrer en liquidation, faute de ressources suffisantes pour continuer une entreprise qui était peut-être à la veille d'aboutir. Cette liquidation, décidée par une assemblée générale tenue le 21 novembre 1904, s'est effectuée, bien entendu, d'une façon amiable, cette Compagnie ayant pu faire face à tous ses engagements.

Une répartition d'environ 15 fr par action a été décidée; les brevets encore disponibles ont trouvé acquéreurs dans les deux principaux actionnaires. C'est ainsi que la *Compagnie générale d'Électricité* possède aujourd'hui les brevets pour la France, la Suisse, le Portugal, l'Espagne, la République Argentine.

Comme l'exercice 1903-1904 avait laissé au compte de Profits et Pertes un solde de 1 306 875 fr, celui-ci, déduction faite de la somme nécessaire à l'amortissement des obligations, soit 284 180 fr, a donc laissé comme produit net : 1 022 695 fr, ce qui a permis, en dehors de la réserve légale, de répartir : 320 000 fr en amortissements, 600 000 fr aux 30 000 actions, 48 578 fr au Conseil d'administration, et avec le report de l'exercice précédent, de reporter à nouveau 8854 fr.

Voici maintenant comment se présente la situation financière de la Compagnie :

BILAN AU 30 JUIN 1904

Actif.

Immobilisations :		
Terrains, immeubles et matériel, concessions et clientèle	23 677 081,01	
Travaux neufs :		
Stations centrales	629 299,17	
Usines de fabrication	161 457,18	
		24 467 837,36 fr.
Actif réalisable :		
Marchandises fabriquées	1 480 783,70	
Matières premières et en fabrication, approvisionnements divers	3 496 418,80	
Titres en portefeuille	3 786 042,35	
		8 763 244,85
Disponibilités :		
Caisse, banquiers, effets à recevoir	1 384 767,16	
Débiteurs divers	3 862 006,53	
Société Nantaise d'électricité	1 115 282,48	
Compagnie d'électricité d'Angers	424 977,48	
		6 787 033,65
Divers :		
Apports	1,00	
Constitution	1,00	
Prime de remboursement et frais d'émission sur obligations émises	840 000,00	
Brevets	285 000,00	
		1 125 002,00
Total		41 143 117,86 fr.

Passif.

Capital	15 000 000,00 fr.
Réserve légale	204 782,25
Réserve générale	250 000,00
Envers les tiers :	
Obligations	18 725 320,00
Créanciers divers	4 998 858,61
Coupons à payer, obligations à rembourser	651 409,40
Profits et pertes :	
Bénéfices de l'exercice en cours	1 306 875,95
Report de l'exercice précédent	5 871,65
Total	41 143 117,86 fr.

Après quelques explications et renseignements fournis par M. Azaria, administrateur délégué, les actionnaires, sur la proposition du Conseil, ont adopté les résolutions suivantes :

Première résolution. — L'Assemblée, après avoir entendu la lecture du rapport du Conseil d'administration et de celui des commissaires chargés de la vérification des comptes de l'exercice 1903-1904, approuve dans toutes leurs parties le rapport du Conseil, le bilan et les comptes arrêtés au 30 juin 1904, tels qu'ils sont présentés.

Deuxième résolution. — L'Assemblée approuve les propositions du Conseil d'administration concernant les réserves et amortissements et la répartition des bénéfices sociaux.

En conséquence, elle fixe à 20 fr par action le montant du dividende de l'exercice 1903-1904, impôts établis par les lois de finance à déduire. Ce dividende sera mis en paiement le 15 janvier 1905.

Troisième résolution. — L'Assemblée nomme MM. du Vivier de Streel et Gabriel, commissaires pour l'exercice 1904-1905, avec faculté d'agir l'un à défaut de l'autre, conformément à l'article 20 des statuts, et fixe leur rémunération à 1500 fr pour chacun d'eux.

Quatrième résolution. — L'Assemblée donne acte aux administrateurs de leurs déclarations, en ce qui concerne les opérations faites avec la Compagnie générale d'Électricité par les établissements dans lesquels ils sont intéressés à un titre quelconque.

Elle accorde à nouveau aux administrateurs l'autorisation prescrite par l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867, sous les conditions fixées par cette loi.

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A LAHURE.

54465. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 316. 25 Février 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Société française de physique. — Le Conseil de la Société a décidé que l'exposition de Pâques aurait, cette année, une annexe spécialement réservée aux appareils de manipulations élémentaires, destinés plus particulièrement aux exercices pratiques de physique, prescrits par les programmes de l'enseignement secondaire.

Cette exposition annexe sera installée au Musée pédagogique, 41, rue Gay-Lussac, où les locaux nécessaires ont été mis libéralement à sa disposition par le directeur du musée. Un assez grand nombre d'appareils ont été acquis à l'étranger en vue de cette exposition spéciale.

M. le Ministre de l'instruction publique a bien voulu accorder sa haute approbation à cette initiative et donner à MM. les professeurs de physique toutes facilités pour faire transporter à cette exposition les appareils appartenant à leurs établissements et qu'ils désireraient y voir figurer. L'exposition comportera tout ce qui concerne les exercices pratiques de physique et l'organisation de l'atelier du laboratoire : livres français et étrangers, catalogues de constructeurs, outillage de l'atelier, échantillons de matières premières, supports et objets divers pouvant être utilisés en manipulations. — Listes de manipulations, instructions écrites pour les élèves, cahiers ou copies d'élèves, photographies d'appareils, etc. Mais le but principal de l'exposition est surtout de présenter des exercices pratiques complètement installés. On voudrait, en outre, que chaque appareil fût accompagné d'une courte notice indiquant son mode d'emploi, les résultats qu'il permet d'obtenir, et, autant que possible, son prix de revient. Il est bien clair que l'on ne demande pas des appareils nouveaux et originaux, mais seulement des installations pratiques.

La Foire de Paris en 1905. — La Foire nationale d'échantillons, dite *Foire de Paris*, se tiendra cette année, du 12 au 22 mars au Grand-Palais. C'est une occasion pour nos artisans, nos inventeurs et nos industriels de faire connaître leurs produits, leurs inventions et leur fabrication, plus spécialement en ce qui concerne les objets de décolletage, d'appareillage, de lustrerie, de petites applications de l'électricité appropriés à l'exportation. S'adresser pour plus amples renseignements au siège social de la Foire, 25, boulevard du Temple, Paris.

Accumulateurs à grande puissance massique. — On trouvera dans la correspondance de ce numéro une lettre de M. Kriéger relative à la randonnée de 1901, à laquelle nous avons fait allusion dans le numéro du 25 janvier dernier, à propos de l'accumulateur E. I. t.

Nous nous contenterons d'enregistrer cet aveu qui confirme nos critiques : *Il est parfaitement évident que je n'emploierais pas tous les jours une batterie telle que celle-là....*

En réponse à notre article, M. G. Rosset, le collaborateur de M. Jeantaud, envoie une longue lettre à la *Vie automobile* pour essayer de justifier son hypothèse de l'existence d'un plomb spécial, dans un état allotropique différent de celui du plomb spongieux et qui, pour la même quantité de matière engagée, donnerait une quantité d'électricité plus grande que le plomb spongieux, dans le rapport de 3 à 2.

Si M. Rosset veut bien nous communiquer les poids exacts du liquide et des plaques de l'accumulateur expérimenté au *Laboratoire central d'électricité*, nous lui démontrerons facilement qu'il y avait largement assez de liquide et de matières actives pour tirer de l'accumulateur expérimenté la quantité d'électricité indiquée sans avoir recours à l'hypothèse d'un état allotropique spécial.

Une dynamo acyclique de 300 kilowatts. — M. Naeggerath, le créateur de cette dynamo, lui a donné ce nom pour indiquer que les conducteurs et le fer qui constituent l'induit ne sont soumis à aucune variation cyclique d'aimantation. Elle rentre dans la classe des dynamos dites *unipolaires* ou *homopolaires*. Par certains dispositifs que nous décrirons prochainement, l'inventeur est parvenu à obtenir une dynamo de 300 kilowatts sous 500 volts, en couplant douze conducteurs en tension, et en utilisant les grandes vitesses, angulaire et linéaire, que permettent de réaliser aujourd'hui les turbines à vapeur.

Éclairage des villes au moyen de l'acétylène. — Le *Journal de l'éclairage au gaz* donne les renseignement statistiques suivants :

Il y a en France 86 agglomérations éclairées à l'acétylène, 56 de ces villes ont une population totale de 159 282 habitants, soit une moyenne de 1960 habitants ; la longueur moyenne de la canalisation est de 4000 m

Ces villes, dont la première a été éclairée en 1897, emploient 52 appareils automatiques et 54 non automatiques ; la moitié a des réchauds pour le chauffage, en moyenne 20 par ville, au total 850 réchauds. Le prix du m³ de gaz acétylène est en moyenne de 2,75 fr pour les abonnés et de 2,25 fr pour les villes.

Dans le tableau suivant sont réunis les chiffres comparatifs des exploitations en France et en Allemagne (46 agglomérations).

	France.	Allemagne.
Nombre d'habitants par brûleur privé	5,5	5,6
— consommateur. . . .	35,0	47.6
— brûleur public . . .	38,4	45,7
— km de canalisation. .	745	544

On voit que les exploitations françaises sont généralement plus favorisées, l'agglomération desservie est généralement plus dense et la canalisation linéaire a un coefficient d'utilisation plus élevé. Les deux plus grandes villes du monde éclairées à l'acétylène sont Canandaigna, aux États-Unis, avec 9000 habitants, et Vezprim, en Hongrie, avec 15 000 habitants.

Emploi des accumulateurs de vapeur. — L'*Engineering* donne les renseignements suivants sur l'emploi d'accumulateurs du système Druitt Halping ou *Thermal storage*.

Dans la station de Woodlane de la Société de lumière électrique de Kensington et Knightbridge, on a été obligé, vu la demande croissante de courant, d'augmenter de beaucoup la puissance, mais on ne disposait d'aucune place pour augmenter le nombre de chaudières. Comme cette station fournit principalement de l'énergie pour la lumière, elle est très peu chargée pendant la journée, on se résolut d'employer les accumulateurs de vapeur, et on est ainsi arrivé à plus que doubler presque tripler la puissance maximum.

Les chaudières sont à tubes du système Babcok et Wilcox et peuvent fournir chacune 5500 kg de vapeur à l'heure, elles ont chacune deux corps cylindriques de 1,22 m de diamètre et 7,32 m de longueur. Les accumulateurs, également cylindriques, ont été disposés en dessus, chacun au-dessus d'un cylindre de chaudière et sont raccordés avec ceux-ci, en avant par un tuyau de 25,4 cm de diamètre et en arrière par des boites en fonte. Le tuyau placé à l'avant dépasse le niveau de l'eau dans l'accumulateur de sorte que l'accumulateur est en communication constante avec la chaudière. L'eau d'alimentation est introduite dans l'accumulateur et est amenée à la chaudière par un tuyau muni d'un robinet disposé à l'intérieur du tuyau de 25,4 cm.

Pendant les heures de faible charge, on remplit les accumulateurs ; on les vide dans les chaudières lorsque la charge devient maximum.

Les cylindres accumulateurs sont naturellement garnis de calorifuge ; la pression de la vapeur est de 15,5 kg : m², l'eau se refroidit de 0,8 pour 100 environ en passant de l'accumulateur dans la chaudière.

Les chaudières donnaient à pleine charge 5500 kg par heure de vapeur humide ; quand on a eu appliqué les accumulateurs, on comptait sur 7065 kg par heure et on a pu en obtenir 11 775 ; la dépense de charbon était presque doublée. On voit donc que l'établissement des accumulateurs de vapeur peut rendre de très grands services ; il faut naturellement que les foyers soient disposés pour pouvoir brûler tout le combustible nécessaire pendant la marche intensive.

Lampe à incandescence au zircone. — M. Wedding a fait à la Société électrotechnique de Cologne une conférence et a présenté ce nouveau genre de lampe.

Pour fabriquer le filament on mélange de l'oxyde de zircone avec du magnésium et on le soumet à très haute température à l'action de l'hydrogène, on obtient ainsi un composé fixe. Celui-ci est pulvérisé et trituré avec de la cellulose de manière à donner une masse plastique homogène, que l'on étire en fils. On les carbonise ensuite dans une atmosphère non oxygénée, et ils prennent alors un éclat métallique. Avec 1 kg de zircone on peut confectionner 100 000 filaments.

La lampe revient environ à 1,9 fr. Sa consommation spécifique est de 2 watts par bougie. Les lampes ordinaires sont faites pour 37 ou 44 v (3 en série sur 110 v ou 5 en série sur 240 v). Pour des intensités lumineuses de 60 à 100 bougies, on réunit plusieurs filaments dans une ampoule que l'on place directement sur 110 v. Les essais ont montré que cette lampe a une durée de 700 à 1000 heures.

Le zircone se trouve à l'état de silicate dans l'hyacinthe, à Ceylan et dans la Norwège. Il se trouve également à l'état de silicate dans l'entylite de la Nouvelle-Zélande, du Texas et de la Caroline du Nord. Dans ce dernier pays, on trouve du minerai du métal presque pur ; en 1905 on en a extrait environ 5000 livres, valant 570 dollars.

Une station centrale provinciale en Angleterre. — L'*Electrical Review* donne les renseignements suivants sur l'installation d'une station centrale devant desservir quatre districts aux environs de Manchester, à Oxford River. Les quatre districts ont ensemble une population de 100 000 âmes et avec quelques localités voisines 180 000, les chemins de fer à desservir ont une longueur d'environ 55 km.

Dans la station centrale trois groupes de machines à vapeur fourniront une puissance totale de 1500 kw, elles commanderont directement des alternateurs triphasés de 6000 v, 40 périodes par seconde à la vitesse angulaire de 80 t : m.

Les machines génératrices seront à inducteur tournant et auront à charge non inductive des rendements de 92, 93,5, 92 et 89 pour 100 pour des charges respectivement de $\frac{5}{4}$, 1, $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{2}$ de la charge normale. Pour l'excitation on emploiera des génératrices spéciales de 50 kw, 250 v. Le tableau de distri-

bution ne comportera que des appareils à basse tension, la mise en parallèle s'effectuera au moyen d'appareils rotatifs d'Everett-Edgcumbe, les interrupteurs à haute tension seront à rupture dans l'huile.

Chacun des quatre districts aura une sous-station; celles-ci seront semblables. Chacune comprendra un groupe transformateur de 200 kw, composé d'un moteur synchrone et d'une génératrice à courant continu. Ces dernières travailleront comme machines compound à 500 v pour les chemins de fer et comme machine en dérivation à 460 v à 400 t:m. Le réseau pour la lumière et la distribution d'énergie est à trois fils, avec point neutre pris au milieu d'une batterie d'accumulateurs.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Besançon. — *Traction électrique.* — La ville de Besançon vient d'accorder à la Compagnie du gaz, sous réserve de l'accomplissement des formalités ordinaires, la concession de la production et de la distribution de l'énergie électrique pour l'éclairage, le chauffage et la force motrice sur le territoire de cette commune.

Marseille. — *Distribution d'énergie électrique.* — Marseille, on oserait à peine le croire, ne possède pas de station centrale vraiment digne de ce nom; aussi le Conseil municipal se préoccupe-t-il de cette importante question. Au cours d'une récente séance, M. Fabre a pris la parole au sujet de la distribution d'énergie électrique par des Sociétés autres que la Compagnie du gaz et a déposé la motion suivante :

Considérant que, lors de la discussion du traité avec la Compagnie du gaz, M. le rapporteur Piéri a indiqué (*Bulletin municipal*, p. 312) qu'« il n'a jamais été dans la pensée du Conseil municipal d'accorder la liberté absolue de la force motrice »;

Considérant que la proposition ainsi libellée faite par notre collègue M. Baron : « L'emploi de l'électricité, comme force motrice, est et demeure libre », a été repoussée par 14 voix contre 8 et 10 abstentions;

Considérant que le traité voté par la majorité du Conseil municipal établit, en fait sinon en droit, les privilèges en faveur de la Compagnie du gaz en ce qui concerne l'électricité;

Considérant que l'avenir industriel de Marseille est étroitement lié à cette question de l'électricité; qu'il est donc nécessaire d'être fixé d'une manière nette et précise sur les « prétentions de la Compagnie du gaz » avant toute approbation du dernier traité;

Considérant, d'autre part, Monsieur le maire, que vous aviez formellement promis de faire faire cette étude dès le milieu du mois de juillet dernier;

Les soussignés, membres du Conseil municipal de Marseille, demandent qu'il soit décidé par le Conseil :

1° D'étudier les conditions générales de l'exploitation de l'électricité à Marseille, concurremment avec la Compagnie du gaz;

2° D'obtenir la non-approbation du traité avec la Compagnie du gaz tant que ces conditions ne seront pas nettement déterminées;

3° D'assurer l'abaissement des prix du gaz, afin que les consommateurs n'aient point à souffrir de ce retard.

Après une courte discussion, cette proposition a été renvoyée à la Commission spéciale de l'éclairage. Espérons et souhaitons qu'elle ne sera pas enterrée.

ÉTRANGER

Hambourg (Allemagne). — *Station centrale.* — Hambourg, qui est certainement la ville la plus importante de l'empire allemand après Berlin, est aussi celle qui, après la capitale, possède les installations électriques les plus développées.

Elle est actuellement pourvue de deux stations centrales importantes et de deux sous-stations. Les stations sont celle de la rue de la Poste et celle du Zollverein; les sous-stations sont celles de Saint-Georges et de Saint-Paul.

La station de la Poststrasse se compose d'une salle des machines et d'une salle des chaudières, éloignées d'une dizaine de mètres entre elles. L'usine est prévue pour une puissance de 2200 kw, comporte 6 machines à triple expansion de 4 à 450 poncelets chacune couplée directement à 6 dynamos de 400 kw. La vapeur est fournie par 9 chaudières de 250 m² de surface de chauffe chacune. La salle des machines est pourvue d'une grue de 15 tonnes.

Les diamètres des cylindres des machines à vapeur sont respectivement de 460 750, et 1150 mm, la course commune du piston de 550 mm. Ces machines développent sous une pression de 10 kg : cm², et à 12 tours par minute, une puissance de 400 poncelets, avec une consommation de vapeur de 8,2 kg par poncelet-heure.

Les dynamos développent 400 kw sous 250 volts à 120 tours par minute. Elles sont du modèle Schückert.

Les chaudières consistent chacune en une chaudière inférieure avec 2 tubes et une chaudière supérieure avec 122 tubes. La chaudière inférieure a un diamètre de 2500 à 2400 mm et une longueur de 5900 mm. La chaudière supérieure a une longueur de 5050 mm et un diamètre de 2300 mm.

Alimentée d'eau à 30°, chaque chaudière vaporise 7,5 kg de vapeur par kg de charbon brûlé.

La station du Zollverein est équipée d'une façon analogue à la précédente, mais fournit surtout l'énergie motrice pour les nombreuses lignes de tramways électriques de la ville. Elle est prévue pour une charge de 3200 kw, qui peut être portée à 5600 kw.

Elle comporte 10 chaudières, 4 groupes électrogènes formés d'une machine à triple expansion de 750 à 900 poncelets, à 100 tours par minute, et de 2 dynamos Schückert de 400 kw chacune, et une batterie d'accumulateurs Tudor de 140 éléments et 1570 ampères-heure de capacité. La tension des dynamos est de 300 volts pour les unes et de 600 volts pour les autres.

Les sous-stations de Saint-Georges et Saint-Paul sont des stations d'accumulateurs. Chacune est prévue pour l'alimentation de 1600 lampes de 16 bougies (800 kw).

Celle de Saint-Georges reçoit son courant de la station centrale de la Poststrasse, celle de Saint-Paul, de la station centrale du Zollverein.

Rome. — *Traction électrique.* — L'Italie applique de plus en plus la traction électrique aux chemins de fer; nous apprenons en effet que plusieurs projets de chemins de fer électriques sont soumis actuellement aux autorités compétentes, savoir : Milan à Venise, Rome à Fregennac et Teramo à Carsoli.

Le type de wagon proposé est celui actuellement en service sur la ligne de Milan à Monza, c'est-à-dire une voiture avec impériale dont le centre est la 1re classe et le dessus, la 2e classe.

La traction électrique en Italie est devenue très populaire, grâce à l'emploi des chutes d'eau comme force motrice. Déjà les tramways électriques sont actionnés ainsi, et petit à petit les chemins de fer suivent la même voie.

Saint-Pétersbourg. — *Station centrale* — La station centrale de Saint-Pétersbourg, dont on a beaucoup parlé ces temps derniers, est l'une des plus grandes stations municipales du

continent européen. Le réseau a une longueur totale de 335 km et le poids des câbles posés est d'environ 2 500 000 kg. 7 groupes électrogènes à vapeur sont installés dans la salle des machines pour la production de courants alternatifs simples. Ceux-ci engendrés directement à 3000 volts par des alternateurs-volants, alimentent le réseau à haute tension par l'intermédiaire d'un tableau de distribution.

Chaque groupe électrogène est constitué par une machine à vapeur horizontale compound de 750 à 900 poncelets actionnant une dynamo-volant. Le système inducteur de la génératrice est calé sur l'arbre même de la machine à vapeur, lequel porte également en bout l'excitatrice à 8 pôles. La tension est réduite de 3000 à 110 volts par des postes de transformation établis en des centres convenablement choisis.

Sydney (Australie). — *Traction électrique.* — Sydney est la ville la plus importante de l'Australie et son réseau de tramways est la propriété de l'état de la Nouvelle-Galles du Sud. Il y avait en 1883 environ 40 km de voies toutes exploitées à la vapeur. Mais on installa, en 1891, deux ou trois courtes lignes funiculaires. On essaya l'électricité en 1893, et depuis cette époque, la plupart des lignes ont été transformées en lignes électriques. Il y a beaucoup de rampes; sur l'une d'elles, atteignant 12,5 pour 100, on les fait remonter aux voitures en les aidant d'un contre-poids; pour cela, un souterrain est construit sous la voie et une masse d'environ 10 tonnes est attachée au câble, de sorte que les voitures montantes reçoivent de l'aide pour gravir la pente et que les voitures descendantes remontent le poids. Le rail principal au centre de la ville pèse 42 kg par mètre. On se sert beaucoup de rails Vignole. L'énergie est distribuée à 6600 volts à des sous-stations équipées avec des convertisseurs rotatifs. La Compagnie vient de commander un turbo-générateur. Elle possède une variété de types de voitures et, en règle générale, les voitures forment des trains de deux voitures automotrices chacun. Chaque voiture est équipée avec deux moteurs et les moteurs sont couplés par un contrôleur placé sur la plateforme d'avant de la première voiture. En règle générale, les voitures restent accouplées par deux.

CORRESPONDANCE

A propos d'accumulateurs ultra-légers.

Paris, le 14 février 1905.

MON CHER AMI,

Je lis dans le numéro de cette semaine de la *Vie Automobile*, un article sur l'Accumulateur E.I.t., dans lequel vous me faites l'honneur de me citer personnellement.

A ce sujet, permettez-moi de relever une petite inexactitude qui s'est glissée dans l'appréciation que vous donnez sur la batterie que j'ai employée dans l'épreuve de Paris-Chatellerault.

En effet, vous semblez dire que cette batterie, une fois l'épreuve terminée, était hors d'état de service, cela est une grande erreur: j'ai, en effet, ainsi que des témoins oculaires ont pu le constater, amené le lendemain, à la gare de Chatellerault, ma voiture par ses propres moyens jusque sur le truc qui la ramenait à Paris, n'ayant pas trouvé à la charger à Chatellerault même. Trois jours après, cette voiture est revenue par ses propres moyens, sans avoir été rechargée à la gare de Bercy, jusqu'à notre garage, alors rue de Ponthieu, où elle fut rechargée.

A partir de ce moment, jusqu'au commencement de décembre, cette voiture fit régulièrement mon service, toujours avec la même batterie, et finalement je la rendis à la Société l'Accumulateur Fulmen, pour qu'elle pût faire l'éclairage du stand de la maison Falconnet-Perodeaud, pendant la durée du Salon de l'Automobile.

Vous voyez qu'elle n'était pas, comme vous l'avez dit par erreur, si grillée que cela.

Je vous envoie en même temps que cette lettre, copie d'une lettre adressée à moi par la Société Fulmen.

Vous pourrez constater que ce que j'avance est parfaitement exact, et je tiens même à votre disposition les témoignages écrits des personnes qui ont vu cette épreuve et qui ont suivi ma voiture.

Vous trouverez indiqué aussi, dans la lettre de la Société Fulmen, que la densité de l'acide que vous indiquez comme étant de 32° à fin de charge, était de 31, et les dimensions exactes des plaques composant cette batterie.

J'ajoute qu'il est parfaitement évident que je n'emploierais pas tous les jours une batterie telle que celle-là, étant donné que la seule spécialité qu'elle avait, était d'être extra-soignée et d'avoir tous les accessoires réduits à la plus extrême légèreté, ce qui n'empêche pas qu'avec de grands soins, il pourrait être possible d'en employer, à condition de se contenter de 50 à 60 pour le nombre de charges et de décharges.

Veuillez agréer, etc. L. KRIÉGER.

Clichy, le 23 novembre 1904.

Monsieur Kriéger, Directeur de la Compagnie parisienne des voitures électriques. Puteaux.

MON CHER AMI,

Je viens de lire la lettre que M. Védrine publie dans l'*Auto* d'aujourd'hui, et que vous m'avez signalée.

J'y relève, comme vous, certaines inexactitudes en ce qui concerne les batteries d'accumulateurs que vous avez employées : 1° dans votre match contre M. Garcin; 2° dans la course Paris-Chatellerault. A vrai dire une rectification ne me paraissait pas bien utile, mais puisque vous en jugez autrement, je suis heureux de pouvoir vous en fournir les éléments.

1° La batterie que nous vous avons livrée au mois d'avril 1901 pour votre match contre M. Garcin était composée de 44 accumulateurs, et pesait exactement 399 kg, *y compris les connexions*, mais non compris les caisses en bois ni les paniers de provisions;

2° Pour la course Paris-Chatellerault du 16 octobre 1901, nous vous avons fourni une batterie de 60 éléments. Chaque élément pesait 20,5 kg. La capacité était de 400 A-h au régime de 25 A. Les plaques *dites de* 2 *mm* avaient comme épaisseur : les positives 4,2 mm et les négatives 3,8 mm. L'électrolyte était de l'eau acidulée par l'acide sulfurique sans aucune addition et marquait 31° Baumé en fin de charge.

La matière active avait la composition habituelle; il n'y entrait pas la moindre trace de sulfate de soude, dont j'ignorais jusqu'à ce jour, les effets bienfaisants.

La différence de potentiel pendant la décharge variait de 2,15 v au début à 1,75 v à la fin. Il est vrai qu'elle montait jusqu'à 2,55 v en fin de charge.

Enfin, cette batterie que vous auriez, paraît-il, jugé inutile de recharger à l'arrivée, a néanmoins continué à actionner votre voiture jusqu'à l'ouverture du Salon du Cycle. Depuis ce moment jusqu'à la fermeture du Salon elle a alimenté l'éclairage du stand Falconnet-Perodeaud.

Tels sont, mon cher ami, les renseignements que je puis vous donner et dont je vous garantis l'exactitude.

Je vous autorise à en faire tel usage que vous voudrez.

Bien à vous. L'Administrateur-Directeur.
(*Signature illisible*).

LE RÉGIME FUTUR DE L'ÉLECTRICITÉ A PARIS

La Commission technique du régime futur de l'électricité à Paris, dont nous avons fait connaître en son temps l'objet et la composition, a terminé ses travaux dans sa séance plénière du 11 février 1905. Dans cette séance, on a discuté le Rapport de M. R.-V. Picou, rapport qui résumait les travaux de la sous-commission, et l'on a approuvé à l'unanimité les conclusions de ce Rapport. Nous reproduisons ici le Rapport et les conclusions votées par la Commission technique.

Ce Rapport et les procès-verbaux de la Commission serviront de base aux discussions qui vont bientôt s'engager devant le Conseil municipal de la Ville de Paris chargé de fixer les conditions administratives, économiques, financières et techniques de ce régime futur qu'il est urgent de déterminer avant l'expiration des concessions, surtout en ce qui concerne le régime transitoire, question délicate et difficile que la Commission n'a fait qu'effleurer. Nous suivrons avec le plus grand soin l'évolution de cette question si importante pour le développement de l'industrie électrique, et nous tiendrons nos lecteurs au courant des décisions prises. (N. D. L. R.)

RAPPORT DE LA COMMISSION TECHNIQUE

PRÉAMBULE

Dans la recherche du meilleur régime futur de l'électricité à Paris, la Commission a pensé qu'il était d'abord nécessaire de dégager son examen des contingences trop immédiates qui résultent de l'existence même des secteurs. Elle a donc étudié d'abord ce qui lui paraissait devoir le mieux convenir à la ville de Paris, d'une manière un peu abstraite, ou plus exactement, en cherchant à définir un état de choses final vers lequel il serait opportun de tendre progressivement. Toutefois elle n'a pu pousser l'abstraction jusqu'à ne tenir aucun compte de ces contingences; et elle n'a jamais perdu de vue que c'est aux conditions spéciales présentes et futures de la ville de Paris, considérées dans leur généralité, que devaient s'appliquer les solutions qu'elle recommande. Elle a tenu compte de ces conditions spéciales dans les évaluations chiffrées qu'elle a été conduite à formuler.

Dans cet état d'esprit, la Commission a successivement examiné les points suivants :

Production de l'énergie électrique;
Sa distribution;
Son prix de revient;
Son mode de tarification;

Enfin les délais d'exécution nécessaires pour réaliser le programme suivant et les mesures transitoires qui pourraient en résulter.

I. — PRODUCTION — USINES CENTRALES

Nombre des usines. — La comparaison doit s'établir entre les avantages que peut présenter la concentration de la production dans une usine unique, et les inconvénients corrélatifs. Autrement il semble évident que la subdivision serait plus naturelle. Elle limiterait les risques d'incendie, par exemple, ou d'accidents graves, en même temps qu'elle permettrait de diminuer dans une grande mesure la longueur moyenne des conduites d'alimentation.

La concentration de la production dans une seule usine semble avoir pour avantage l'économie dans cette production, par diminution des frais de surveillance et d'autres frais généraux; c'est à peu près le seul qu'on puisse invoquer en faveur de l'usine unique. On peut se demander si cet avantage est bien certain. La puissance totale de l'usine projetée ne tarderait pas à atteindre 80 000 kw et probablement à les dépasser assez rapidement. Une telle puissance ne pourra être avantageusement obtenue qu'au moyen d'unités de grandes dimensions, mais dont la limite est aujourd'hui de 7000 kw au plus; c'est donc 12 unités actives, 14 avec celles de rechange, qui seraient nécessaires.

Or l'expérience a prouvé qu'il n'est pas désirable d'atteindre un nombre aussi élevé dans une même usine. Au delà de 6 à 8 unités, les complications de toute nature qui résultent de la multiplicité commencent à l'emporter sur les avantages de la concentration. On serait alors conduit à subdiviser les tuyauteries, les canalisations de toute nature, les tableaux, etc.; bref, à constituer l'usine unique par la simple juxtaposition de plusieurs usines techniquement distinctes.

Dès lors, il semble bien préférable de les séparer franchement et de profiter des avantages de cette séparation, en établissant chacune d'elles dans les conditions les plus favorables. A ne considérer que les convenances de la distribution, le nombre de *trois* paraît le plus approprié. Chacune posséderait une réserve de matériel suffisante pour parer à un accident qui immobiliserait l'une d'elles.

Les risques de toute nature seraient ainsi subdivisés; et les usines auraient chacune une importance assez modérée pour pouvoir subir, sans tomber dans la complication, les augmentations qui seront à prévoir dans un avenir assez rapproché.

Nature de l'agent moteur. — Les moteurs à gaz ont fait depuis quelques années de grands progrès qui leur ont permis d'atteindre d'assez fortes puissances, et de produire la force motrice avec une grande économie de combustible, au moins à pleine charge. Malgré ces avantages, ils ne sont pas à mettre en ligne pour l'usine dont il s'agit ici. Leur puissance individuelle est trop faible et leur complication d'organes est très grande; de plus, au point de vue spécial de la production de l'énergie électrique, ils ont encore deux défauts, leur manque de régularité et leur peu d'aptitude à se prêter à des variations étendues de la puissance.

La préférence doit, sans aucun doute, se porter sur les *moteurs à vapeur*; parmi ceux-ci, seuls les types à turbine se prêtent à la réalisation simple d'unités aussi puissantes que celles qui sont ici nécessaires. Des machines à piston de même dimension sont certainement réalisables pour des puissances de 5000 à 7000 kw, mais seulement au moyen de cylindres nombreux; de telle sorte que l'unité est réellement constituée par le groupement, sur un même arbre, de plusieurs machines élémentaires. La surveillance nécessitée par ces moteurs à piston et les soins exigés pour maintenir leur bon fonctionnement, malgré la multiplicité de leurs organes, les placent certainement après les turbines dans l'ordre des préférences de la Commission.

C'est donc la turbine à vapeur qui devrait être le moteur-type des usines à créer.

La dimension des unités doit être aussi forte que possible, tout en permettant la subdivision de la puissance totale entre un nombre de machines qui ne soit pas trop restreint, afin qu'elles fonctionnent toujours dans de bonnes conditions économiques. L'unité de 5000 kw est à l'*heure présente* la seule qu'on puisse conseiller; elle est en rapport avec les besoins

immédiats de la ville de Paris. De plus fortes unités n'ont d'ailleurs pas encore la sanction de l'expérience, et il serait imprudent, en ce moment, de faire fond sur elles.

Emplacement. — Le choix de ce type de moteur a une grande influence sur celui des emplacements des usines.

L'emploi des turbines impose pratiquement d'une manière absolue l'emploi de la condensation et l'obligation de réaliser cette condensation d'une façon parfaite, pour assurer le maintien constant d'un haut degré de vide. Or, ceci n'est réalisable que sous cette double condition : disposer d'eau en quantité pour ainsi dire indéfinie, et, de plus, d'eau très froide.

Pour satisfaire à ces exigences techniques, il n'existe pas d'autre moyen que de situer l'usine au voisinage immédiat d'un cours d'eau de débit important.

C'est l'approvisionnement en eau, bien plus que l'approvisionnement en combustible qui doit fixer le choix des emplacements. Le combustible, en effet, peut toujours être obtenu, même en temps de crise : ce n'est qu'une question d'argent, de surplus momentané de dépenses; rien au contraire ne pourrait suppléer à une insuffisance d'eau de condensation; et il deviendrait impossible de continuer le service a quelque prix que ce fût, si elle venait à manquer. Pour ces motifs, c'est le voisinage immédiat de la Seine qui paraît seul remplir les conditions nécessaires; les canaux Saint-Denis ou Saint-Martin étant d'un débit insuffisant. et sujets à chômages.

On peut sans doute suppléer au défaut d'eau de condensation par l'emploi de réfrigérants *à jets d'eau ou à cascades.* Ces appareils, encombrants, coûteux d'installation et d'entretien, coûteux aussi en service par la nécessité d'élever l'eau à refroidir, ont encore ce défaut que leur fonctionnement est lié à l'état hygrométrique de l'air; par les temps de pluie ou d'humidité, leur efficacité est singulièrement réduite et la température de l'eau qui les traverse s'abaisse à peine. Or, ce fait prend une grande importance avec les turbines, dont la consommation de vapeur s'élève quand s'abaisse le degré de vide, beaucoup plus vite qu'avec des machines à pistons.

C'est donc aux bords de la Seine qu'il faut trouver les emplacements des usines futures. Elles y seront aussi très favorablement placées pour la réception directe des combustibles, même du coke de gaz qui pourra leur être apporté par chalands.

Nature du courant primaire. — Les turbines commanderont des dynamos génératrices de courant primaire, dont il faut préciser la forme et la tension. Il n'y a aucune hésitation sur la forme *alternative polyphasée*, qui assure la facilité de transformation et la bonne utilisation des matériaux.

Quant au choix parmi les formes polyphasées, il est assez indifférent. Malgré toutes affirmations contraires, les courants alternatifs, qu'ils soient simples, diphasés ou triphasés, nécessitent exactement la même quantité de cuivre pour un même transport d'énergie sous une même tension étoilée. La forme triphasée, plus usitée, peut être adoptée. La tension à choisir dépendra de la distance moyenne des points d'utilisation; elle semble devoir être voisine de la valeur 8000 à 12 000 volts entre conducteurs. Cette tension est assez modérée pour pouvoir être produite directement dans les alternateurs, sans transformation élévatrice.

La *fréquence* du courant primaire est encore une quantité à déterminer. Comme elle dépend dans une grande mesure du mode d'utilisation de ce courant primaire, elle sera plus avantageusement discutée un peu plus loin, lorsqu'on examinera la forme et le mode de distribution de l'énergie à basse tension.

II. — DISTRIBUTION

Le courant produit sous haute tension doit être transformé avant distribution, soit dans sa tension seulement, soit à la fois dans sa tension et dans sa forme.

Nature du courant distribué. — La première question qui se pose est donc celle du choix entre le courant continu et l'alternatif. Deux avis ont été formulés en dehors de la Commission par les constructeurs que l'Administration a cru devoir consulter. L'un recommande l'une des formes de courant, et l'autre la forme inverse, tous deux en invoquant de bonnes raisons; la question reste donc entière.

La Commission a pensé qu'il n'y a pas à chercher les raisons du choix ailleurs que dans la connaissance approfondie des habitudes et des conditions d'existence parisiennes, et que ce sont là les seules déterminantes dont il y ait à tenir compte pour approprier au mieux les conditions techniques de l'exploitation aux mœurs et aux usages de la population.

Considérons d'abord les quartiers de grande activité, dont le type est le boulevard de la rive droite : dans cette région, la densité de consommation atteint des valeurs extrêmement élevées, telles qu'il ne s'en rencontre probablement nulle part ailleurs de semblables. Les conducteurs ont à transporter des courants d'une très grande intensité et doivent avoir des dimensions très fortes.

Autour de cette région à densité maxima s'étendent, vers le centre jusqu'à la Seine et vers la périphérie jusqu'aux boulevards extérieurs, des zones à densité encore très élevée, bien que moindre que la précédente.

Cette considération de grande densité suffit, seule, à décider la Commission à porter son choix sur la forme *continue* du courant.

Cette forme est, tout d'abord, celle qui a toujours existé dans cette région, et à laquelle sont appropriés tous les appareils des abonnés. Il faut remarquer, en outre, que la canalisation de courants alternatifs de grande intensité et sous basse tension présente de grandes difficultés. Les effets d'induction auxquels ils donnent lieu ne peuvent être facilement évités ni aux tableaux de sous-stations, ni dans les canalisations nues en caniveau, ni même dans les câbles armés, dont les conducteurs ne peuvent pas dépasser un diamètre assez faible, et qu'il faudrait ainsi multiplier aux dépens de l'économie.

On a fait valoir en faveur de l'emploi du courant alternatif avec sous-stations que les appareils transformateurs y ont un rendement plus élevé que celui des appareils en courant continu. Cela n'est exact que si l'on prend soin de proportionner le nombre des transformateurs en service aux exigences immédiates de la consommation.

On a fait remarquer aussi que la transformation exige des appareils moins coûteux pour le courant alternatif que pour le continu; mais ce sont là des considérations assez peu importantes en pratique. En effet, d'une part la différence du prix des sous-stations est certainement compensée par une différence de sens inverse dans le coût des canalisations de distribution. En continu, celles-ci n'auront que trois conducteurs, parmi lesquels le neutre peut être de section réduite; elles auraient quatre conducteurs, que la distribution soit diphasée ou triphasée, avec, dans ce dernier cas, l'obligation d'équilibrer trois circuits au lieu de deux. Quant à ce qui concerne la perte au rendement, elle n'affecte, et dans une mesure très faible, que la part des dépenses de production qui est proportionnelle à la consommation; et l'on verra, par la suite, combien cette part est faible, comparée aux charges fixes qui grèvent si lourdement toutes les exploitations dont l'éclairage électrique est l'objet principal.

Enfin si l'on ajoute à ce qui précède que l'emploi du courant continu facilite, dans une grande mesure, l'utilisation des canalisations existantes, dont la ville devient propriétaire à l'expiration des concessions et dont la plus grande partie est dans d'excellentes conditions, on aura complété l'exposé des raisons pour lesquelles la Commission recommande le choix du courant continu pour les régions de grande densité de consommation.

Nous reviendrons plus loin sur la question de la tension d'utilisation, et nous allons maintenant examiner la nature du courant convenable aux autres régions de l'agglomération parisienne.

En dehors de la partie centrale on trouve : des quartiers d'habitations, VIIIe, XVIIe et XVIe arrondissements, de densité déja moindre, bien qu'assez élevée encore dans certaines régions; puis toute la rive gauche, de densité moyenne très faible, sauf le long de quelques voies principales; enfin, les quartiers industriels, XIe, XIIe, XIXe et XXe arrondissements, sont encore à peu près complètement dépourvus de canalisations.

L'intérêt de la population laborieuse de ces quartiers est lié au développement des moyens de production de la force motrice. C'est là aussi que le producteur trouvera les conditions d'emploi propres à améliorer l'horaire d'utilisation du matériel producteur.

Convient-il de prévoir pour ces régions si différentes une généralisation du courant continu, par extension pure et simple du mode de transformation admis pour le centre? Cela ne semble aucunement justifié. En effet, pour pouvoir desservir économiquement une clientèle plus clairsemée, il devient de toute nécessité de diminuer les frais de canalisation, quitte à consentir une certaine perte de rendement dans la transformation de l'énergie. Or, la canalisation dans ces conditions ne descend aux prix accessibles qu'avec l'emploi des hautes tensions. La distribution dans les régions considérées se comprend donc ainsi qu'il suit :

Dans les noyaux à densité relativement élevée, il y aurait lieu de créer des sous-stations de transformation, pour abaisser la tension à la valeur propre à l'utilisation dans ce noyau condensé.

Les conducteurs de haute tension arriveraient à ces sous-stations en suivant les principales voies des quartiers environnants, les seules le long desquelles il y ait une chance immédiate de consommation.

Sur ces câbles des dérivations pourraient être prises pour alimenter des transformateurs placés soit dans des kiosques, figurant ainsi la sous-station d'importance minima; soit chez l'abonné directement.

Malgré ses inconvénients, la solution par transformateur d'abonné s'imposera toujours dans de certaines conditions, qui sont particulièrement :

Une clientèle très clairsemée;

Un usage industriel en quantité importante (au-dessus de 10 à 20 kilowatts par exemple);

Enfin encore, une clientèle de grand luxe, possédant de très grosses installations qui ne sont appelées à fonctionner qu'une fois ou deux par an. Il est évident que toute canalisation secondaire serait impossible dans ces dernières conditions.

La Commission ne se dissimule pas combien le programme de canalisation ainsi formulé reste vague et laisse subsister de marge à l'appréciation; mais elle ne possède pas les renseignements de densité linéaire de la consommation annuelle qui constitueraient la base chiffrée sur laquelle on pourrait établir un programme plus précis.

Il est toutefois absolument hors de doute que ce programme devra être formulé, non seulement en tenant compte de ce qui est dit ici, mais aussi des exploitations actuelles, dont les données et conditions d'exploitation vont encore intervenir grandement dans les paragraphes suivants. Ce qu'il importe d'en retenir ici est que dans l'opinion de la Commission, les différences dans la nature de la clientèle et dans les usages de l'électricité sont tellement tranchées qu'une solution unique conduirait toujours à sacrifier une partie intéressante des consommateurs ou bien à élever les charges de canalisation hors de toute proportion dans les quartiers de faible densité.

La complexité apparente de la solution proposée découle directement des différences profondes dans les conditions mêmes des quartiers d'une grande ville; et la simplicité qui résulterait d'une uniformité complète ne doit pas prévaloir sur les avantages généraux que permet d'obtenir une conception plus souple et mieux appropriée aux milieux.

Courant continu. — Mode de distribution. — Pour le courant continu, les modes de distribution actuellement en usage sont assez variés. Il existe un réseau à deux fils sous 110 v; un à trois fils sous 2.110 v; enfin deux à cinq fils sous 4 110 v. Il n'y a de commun entre eux que la tension d'utilisation de 110 v.

Une telle diversité ne saurait évidemment subsister, et il faut tendre sur ce point vers une uniformisation rapide. Sur quelle base doit-elle se faire?

La considération primordiale du choix doit être l'excellence du service. La fonction unique de l'exploitation peut se résumer dans une formule très simple : tout doit être organisé ***pour assurer l'égalité constante de la tension sur les circuits des abonnés.*** Il a paru à la Commission que cette définition entrainait impérativement le choix de la distribution à trois fils.

L'emploi de deux fils seulement ne mérite pas de nous arrêter; il conduit à des dimensions de canalisations extrêmement élevées, et qu'il convient d'éviter si une disposition aussi favorable à la régularité du service se montre plus avantageuse.

C'est précisément à quoi conduit la distribution à trois fils. Elle n'introduit comme complication que la nécessité d'équilibrer la tension sur ses deux circuits malgré les différences de consommation temporaires et variables qui s'y produisent continuellement. Or, cet équilibrage est facile à réaliser d'une manière parfaite, au moyen de dispositions simples qui peuvent être rendues automatiques et réalisées de manière à compenser exactement toutes les différences dans les pertes de charge dues aux variations dans la répartition de la consommation entre les deux circuits.

Le système de canalisation à cinq fils ne permet pas de satisfaire aux mêmes exigences. L'équilibrage doit porter sur quatre circuits au lieu de deux, ce qui double l'importance relative des écarts, toutes choses égales d'ailleurs. De plus, le système de compensation, quel que soit celui que l'on choisisse, ne possède pas les qualités de celui du système à trois fils. Il peut encore être rendu automatique, mais la compensation exacte des pertes de charge, d'où résulte la constance de la tension chez l'abonné, ne pourrait être obtenue qu'au prix d'une assez grande complication. Or, la Commission est d'avis qu'il ne convient de consentir aucun sacrifice sur la constance de la tension, dont dépend absolument la bonne utilisation des récepteurs et, par suite, la valeur vénale de l'énergie distribuée. Il importe enfin de remarquer que les promoteurs même de ce système évitent de le recommander dans l'avis qu'ils ont fourni à l'Administration.

Tension de distribution du courant continu. — Le choix de la tension de distribution est particulièrement délicat; il peut se porter sur les chiffres de 110 ou de 220 v par circuit. La première valeur est celle qu'une longue pratique a sanctionnée; la seconde, d'introduction récente, s'est rapidement généralisée en raison des avantages qui lui sont propres. Les raisons en faveur de l'adoption de l'une ou de l'autre de ces tensions sont très fortes.

La tension de 220 v, comparée à celle de 110, jouit des avantages suivants : la capacité des canalisations existantes, qui toutes peuvent supporter cette tension de 220 v pour ainsi dire sans modifications, serait plus que doublée, ce qui reporterait à une époque assez éloignée l'accroissement de leurs dimensions. De plus, la portée utile d'une sous-station à 220 v étant le double de celle qui correspond à 110 v, le

nombre des sous-stations nécessaires serait singulièrement réduit; et comme elles doivent se trouver dans les quartiers de grande densité, la réduction de leur nombre comporterait une grosse économie. Enfin, les fortes génératrices de courant continu sont d'une construction plus facile et moins coûteuse à 220 v qu'à 110.

Tout cela se traduirait par une économie importante sur le capital immobilisé, et par conséquent sur les charges fixes de l'exploitation.

Mais il faut en voir la contre-partie.

Les lampes incandescentes, qui forment la majeure partie des appareils d'utilisation, ont une durée et surtout une économie moindre à 220 v. La Commission, désireuse de s'assurer si des progrès récents n'auraient pas modifié cette situation, a fait exécuter deux séries d'expériences comparatives portant sur des lampes d'origines très diverses. L'écart moyen constaté dans leur consommation comparée n'est pas moindre de 20 pour 100 en faveur de celles de 110 v.

Sous 220 v, les lampes à arc dont la tension d'utilisation est d'environ 40 à 45 volts seulement ne peuvent être employées économiquement qu'au nombre minimum de quatre ou cinq; alors que deux peuvent fonctionner sous 110 v.

De même, les moteurs de petite puissance sont plus difficiles à construire et plus coûteux pour 220 v. Enfin, il convient de signaler encore une augmentation appréciable des risques qui peuvent résulter de courts-circuits soit sur le réseau, soit chez les abonnés.

Ces arguments ne sont pas sans réplique, et on peut faire valoir, en faveur de la tension de 220 v, les remarques suivantes : la moindre durée des lampes n'a pas d'importance pratique, leur prix s'étant réduit à presque rien. Leur moindre économie est incontestable, mais si les charges fixes de l'exploitation sont moindres, le kilowatt-heure pourra être vendu à un prix plus réduit, ce qui compensera dans une certaine mesure la plus grande consommation des lampes. Enfin les risques de court-circuit à 220 v ont encore bien peu de gravité, comme le montrent les exemples déjà nombreux de distributions faites sous cette tension.

La Commission, après avoir longuement discuté sur tous ces points, s'est ralliée à l'opinion que, si la situation était entière, dans l'hypothèse de la table rase en un mot, la tension de 220 v pourrait être la plus avantageuse. Mais ici encore, elle n'a pas cru pouvoir ignorer l'état de choses actuel; elle a pensé qu'il convenait de faire état de trois millions à peu près de lampes incandescentes qui existent ou existeront au moment de la transformation.

La plupart des installations intérieures sur lesquelles sont ces lampes seraient à refaire à neuf complètement; toutes sans exception seraient à retoucher pour y substituer un appareillage approprié à la tension de 220 v. Une telle opération est assurément possible; mais elle serait aussi bien onéreuse, et n'irait pas sans troubler la tranquillité de l'abonné. Enfin le passage du régime ancien au nouveau offrirait aussi des difficultés techniques assez grandes, et serait une nouvelle cause de trouble dans l'exploitation.

Tout examiné, la Commission a donc émis l'avis que, dans l'état actuel des choses, le maintien de la tension d'utilisation à la valeur de 110 v s'imposait pour toute la partie à desservir en courant continu.

Sous-stations. — La transformation en continu devra donc se faire dans des sous-stations assez nombreuses. Leurs emplacements seront à fixer selon les possibilités locales, mais le fait d'être de simples postes de transformation en facilite beaucoup l'installation, puisqu'il n'y a ni service de combustibles, ni fumées, ni presque aucun bruit. Il semble que toutes les fois que des bâtiments municipaux pourraient les recevoir, il serait de l'intérêt bien entendu de la Ville de les y installer.

L'équipement de ces sous-stations comprendrait des moteurs électriques à courant alternatif, synchrones ou asynchrones, auxquels seraient accouplées des génératrices de courant continu. La Commission donne la préférence à ces groupes sur les commutatrices proprement dites. Les facilités de réglage de la tension et la sécurité du service sont ainsi certainement mieux assurés, et ce sont les points sur lesquels on ne doit rien sacrifier. La différence des prix d'installation et de rendement de transformation entre l'un et l'autre équipement sont pratiquement insignifiantes.

Chacune de ces sous-stations desservirait le périmètre qui l'entoure, au moyen d'un réseau de conducteurs en câbles armés. Le type de câble ainsi formé : conducteurs recouverts de matières fibreuses imprégnées, mis sous plomb, puis armés de fer feuillard, paraît être la forme définitive à laquelle il conviendra de ramener progressivement toutes les canalisations, sauf rares exceptions, et sauf utilisation rationnelle de canalisations existantes. Ce réseau particulier de chaque sous-station ne devra être réuni aux réseaux voisins qu'en un nombre de points limités, en chacun desquels existera un moyen de coupure automatique, interrompant la communication en cas d'excès de courant. Il sera ainsi facile d'isoler automatiquement et de limiter au minimum une section, siège d'un accident entraînant un arrêt de service, tout en conservant la possibilité d'assurer le service de jour sans mettre des machines en marche dans toutes les sous-stations.

Courant alternatif : forme, tension, fréquence. — La distribution secondaire du courant alternatif soulève des questions parallèles aux précédentes. Sur les canalisations secondaires, les formes diphasée et triphasée sont également possibles, avec les propriétés caractéristiques suivantes :

Toutes deux se prêtent également bien à l'emploi de moteurs de petite puissance; les autres, devant être alimentés par des branchements et transformateurs spéciaux, ne sont pas en question. Si la forme triphasée est un peu plus répandue, elle n'est cependant pas exclusive; et l'une et l'autre sont, pour ces petits moteurs, rigoureusement équivalentes.

Pour l'éclairage, ces deux formes sont inférieures au courant alternatif simple, en ce qu'elles exigent la répartition de la consommation entre plusieurs circuits à équilibrer; mais leur emploi à toutes deux est possible, bien que les conditions en soient un peu différentes. Le seul point commun est la tension de 110 v aux appareils d'utilisation, qui doit être conservée dans tous les cas.

Le triphasé exigera une canalisation à quatre fils, dont un neutre. Il nécessitera donc trois circuits distincts, entre lesquelles les charges sont à répartir aussi uniformément que possible. L'exactitude de la tension utile dépendra, dans une grande mesure, de l'exactitude plus ou moins grande de cette répartition; malheureusement elle est arbitraire, variable à tout moment du fait même des consommateurs. Les petits moteurs, alimentés par les fils extrêmes, recevraient 190 v à leurs bornes, tension que l'on doit considérer comme la limite de celle qu'il est prudent de laisser entre les mains d'un abonné.

L'emploi du diphasé peut se faire de deux manières : soit avec cinq fils dont un neutre, d'où quatre circuits à équilibrer; soit à quatre fils, sans neutre, formant deux circuits distincts. Les raisons qui nous ont fait rejeter les cinq fils en courant continu subsistent avec toute leur valeur pour l'alternatif; la seconde hypothèse est donc seule à examiner. Le diphasé à deux circuits, de chacun 110 v, réduit à deux le nombre des circuits à équilibrer; il a, de ce fait, un avantage marqué sur le triphasé, et donnerait certainement une tension plus uniforme aux appareils reliés.

Les moteurs ne recevraient dans ce cas que 110 v entre leurs bornes; et la tension sur tous les isolants serait réduite à 55 v au lieu de 110. La contre-partie de ces avantages est

seulement que les câbles de distribution devront avoir une section de cuivre un peu supérieure à ce qu'elle serait avec le triphasé. Mais le coût du cuivre n'est qu'un des éléments de la dépense de canalisation, et n'en sera pas ici le plus important; en outre il serait possible de trouver une économie notable en réalisant la canalisation à trois conducteurs seulement, ce qui semble sans inconvénient pratique.

Ces divers modes de distribution ont la plus grande analogie avec ceux à trois et cinq fils examinés à propos du courant continu, une solution intermédiaire à quatre fils étant fournie par le triphasé.

La *fréquence* est le dernier élément qui reste à déterminer. Au point de vue de l'utilisation, on ne saurait descendre au-dessous de 40 périodes par seconde, les applications à l'éclairage ne le permettant pas. La valeur de 50 périodes par seconde est d'usage presque général aujourd'hui, et il n'y aurait aucune hésitation pour la recommander si les deux grands secteurs du Sud-Ouest n'avaient tous deux établi toutes leurs installations sur la base de la fréquence 42. La Commission pense que malgré cette situation le valeur 50 est préférable. Son emploi ne fait qu'améliorer le fonctionnement des lampes à arc et que rendre moins coûteux les moteurs d'une puissance donnée. D'autre part, la transformation de l'exploitation, pour passer de 42 à 50 périodes dans la région considérée, n'entraîne pour ainsi dire aucuns frais. Elle améliorera même le rendement par diminution de la dissipation dans le fer des transformateurs existants. Enfin cette fréquence n'a rien de désavantageux pour les moteurs de grande puissance qui pourraient être reliés au réseau de haute tension par des branchements spéciaux, en particulier pour ceux des sous-stations de transformation en courant continu. Il n'y a donc aucun inconvénient grave à adopter la valeur 50. Par voie de conséquence, cette fréquence se trouve ainsi imposée à la totalité du matériel générateur des usines.

III. — PRIX DE REVIENT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Comme il n'existe encore aucune entreprise dont les dimensions et les conditions de fourniture soit exactement comparables à celles qui sont prévues pour Paris, les estimations qui vont être faites sont fondées sur une extrapolation des résultats acquis ailleurs.

Cette considération a imposé à la Commission une grande circonspection; et tout en se gardant de trop d'optimisme dans l'appréciation des avantages économiques qui peuvent résulter de la concentration de la production dans un nombre restreint de puissantes usines, elle ne présente encore les chiffres suivants que comme une estimation qui peut se trouver aussi bien un peu en dessous qu'en dessus de la vérité.

Il faut ajouter encore que les prix indiqués ne se rapportent qu'à l'état définitif de l'exploitation, et ne pourront donc être obtenus qu'après un certain nombre d'années de fonctionnement.

Dépenses d'installation. — Les dépenses de premier établissement sont évaluées ainsi qu'il suit :

Usines génératrices : Pour un débit utile maximum de 70000 kw, correspondant à la puissance des usines, réserves déduites : tout compris, 500 fr par kw, soit pour 70000	35 000 000,00 fr.
Sous-stations : Matériel et bâtiments, à 150 fr par kw	10 500 000,00
Canalisations : Haute et basse tension 700 fr par kw (non compris branchements et compteurs)	49 000 000,00
Total	94 500 000,00
Divers	5 500 000,00
Total général	100 000 000,00 fr.

Soit en nombre rond 100 millions ou 1430 fr par kw de puissance maxima utile à l'usine.

Ce chiffre est très sensiblement inférieur à ce qu'ont coûté les installations des secteurs; mais il est bien dans la moyenne des dépenses d'établissement des entreprises les plus récentes. Il ne diffère pas sensiblement de ceux auxquels le Service technique était arrivé dans son étude préparatoire. C'est donc sur cette base de 100 millions immobilisés que nous calculerons l'amortissement.

Dépenses d'exploitation. — Les dépenses d'exploitation se composent :

1° Des charges d'amortissement du capital, et de renouvellement du matériel;

2° Des dépenses directes de production et de distribution de l'énergie électrique, et d'administration de l'entreprise.

Le capital de 100 millions, pour intérêt et amortissement en trente-cinq années environ, imposera une charge annuelle de 6 millions.

Les prévisions pour le renouvellement du matériel sont établies sur les bases suivantes :

Renouvellement des chaudières en dix années.
Renouvellement des machines en quinze années.
Renouvellement des canalisations en trente-cinq années.
Renouvellement des bâtiments en trente-cinq années.

L'application des taux d'amortissement correspondant à ces durées aux immobilisations respectives, conduit à un taux moyen de 3,35 pour 100. La charge annuelle correspondante sera donc de 3,35 pour 100 sur 94 500 000 = 3 165 750 fr et l'ensemble de ces dépenses fixes représente 9 165 750 fr.

Les dépenses directes de l'exploitation peuvent faire l'objet d'une évaluation appuyée sur des statistiques. Pour des exploitations analogues à celle qui est prévue, on trouve :

1° Que les dépenses directes de production se répartissent à peu près comme suit :

Combustible	40 pour 100.
Personnel	35 —
Entretien courant	25 —
	100 pour 100.

2° Que les dépenses d'administration et frais généraux commerciaux représentent 25 pour 100 de ce qui précède, soit 20 pour 100 du total.

On peut donc établir les prévisions comme il suit :

	Centimes par kw-h.
Combustible : 1,5 kg par kw-h produit, soit 2,25 kg par kw-h vendu, en admettant un rendement de 0,66; valeur à majorer de 10 pour 100 pour graissage et menus frais, à 20 fr par tonne	4,95
Personnel de l'exploitation dans la production ci-dessus .	4,33
Entretien courant et frais généraux de production . . .	3,09
Ensemble	12,37
Administration et frais généraux commerciaux	3,09
Ensemble	15,46

Prix de revient de l'énergie vendue. — Pour déduire de ce qui précède le prix de revient du kilowatt-heure vendu il faut tout d'abord connaître l'*utilisation* du matériel. Cette notion de l'utilisation est d'importance capitale dans tous les problèmes économiques qui se rattachent à l'exploitation des usines centrales; elle résulte de la comparaison de ce que produisent réellement les usines avec ce qu'elles pourraient produire si elles étaient en marche continue. C'est donc le quotient des kilowatts-heure annuellement vendus par les kilowatts de puissance utilisable des usines; il se chiffre par un certain nombre d'*heures*. Cette utilisation dépend d'abord de l'emploi fait du courant, éclairage ou force motrice; puis

encore de la qualité du consommateur. Sa valeur moyenne, assez bien connue, est la suivante :

Éclairage : Appartements et bureaux	200 à 500	heures.
Magasins	500 à 750	—
Cafés et théâtres	750 à 1500	—
Éclairage public	1800 à 3700	—
Force motrice industrielle	1000 à 3000	—

La moyenne très générale obtenue dans des entreprises analogues à celles de Paris actuellement est de 750 heures. Elle pourrait être améliorée par une extension de la force motrice; mais il paraît prudent de se tenir à cette valeur de 750 heures pour le calcul du prix de revient. Celle d'environ 1000 heures à laquelle seraient arrivés les secteurs parisiens en ce moment ne résulte que de la condition toute spéciale que leur fait l'approche du terme de leurs concessions; c'est donc une valeur accidentelle dont il n'y a pas à tenir compte.

L'utilisation ainsi fixée à 750 heures, il est facile d'en déduire le nombre de kilowatts-heure vendus et les charges correspondantes. Les chiffres précédemment établis en détail donnent immédiatement :

Vente : 70 000 kw . 750 heures = 52 500 000 kw-heure.

Dépenses correspondantes :

Intérêt et amortissement	6 000 000 fr.
Renouvellement du matériel	3 160 750
Dépenses courantes 0,1546 fr : kw-h	8 116 500
Total	17 282 250 fr.

Prix de revient moyen : $\frac{17\,282\,250}{52\,500\,900} = 0{,}329$ fr par kilowatt-heure.

Il est bon de rappeler que ce prix d'estimation se rapporte à l'état définitif des installations prévues, dont la réalisation ne pourra être que progressive.

IV. — TARIFICATION

Forme de la tarification. — En étudiant le mode de tarification la Commission n'a eu naturellement en vue que des prix de revient. Il ne lui appartient pas de préciser dans quelle mesure ces prix de revient auront à subir une majoration pour faire face aux prélèvements de la Ville et au bénéfice industriel; mais les raisonnements sur lesquels on peut appuyer une formule de tarification sont indépendants de cette majoration et peuvent porter aussi bien sur le prix de revient.

La valeur de 0,329 fr par kilowatt-heure vendu, qui vient d'être indiquée, se rapporte à la moyenne de 750 heures assurée par les consommateurs pris dans leur ensemble. Mais cette moyenne d'ensemble doit être considérée comme résultant des moyennes particulières des différentes catégories indiquées plus haut. Or, il semble bien acquis aujourd'hui qu'un *prix uniforme* pour tous les consommateurs n'est pas applicable à la vente de l'énergie électrique. Il y a donc lieu de rechercher une tarification qui tienne compte de la qualité de ces consommateurs; et, à défaut d'un prix uniforme, de découvrir si possible une formule de tarification uniformément applicable à tous. C'est à quoi nous croyons qu'on peut arriver par le raisonnement suivant :

Lorsqu'on recherche quel véritable titre peut invoquer un abonné pour prétendre à un rabais sur le prix moyen, on reconnaît vite que ce titre est uniquement dans ce que nous avons appelé l'*utilisation* de son installation, c'est-à-dire dans le nombre d'heures par an pendant lequel il fait usage de l'énergie électrique. En effet, si l'on se reporte au détail des dépenses de toute nature qui concourent à établir le prix de revient moyen, on reconnaît que ces dépenses sont : les unes d'un caractère fixe, ne dépendant que du matériel installé, et, par suite, du maximum instantané de la demande; les autres, au contraire, proportionnelles à la vente annuelle totale, et par conséquent à l'*utilisation* faite de l'installation. On peut traduire ceci sous une forme mathématique très simple, en exprimant que les dépenses correspondant à une fourniture peuvent se mettre sous la forme : $A + Bx$, où A représente la partie fixe, indépendante du nombre de kilowatts-heure x, et Bx la partie proportionnelle à ce nombre.

Il semble donc tout à fait logique de rechercher une formule de même forme générale pour le tarif de vente. L'abonné devrait donc payer :

1° Une somme fixe proportionnée à l'importance de la part des dépenses fixes qui lui incombe, soit A';

Et 2° le prix de sa consommation au taux unitaire B'.

C'est dans cet ordre d'idées qu'a été autrefois formulée la police de l'usine municipale des Halles; mais la fixation de la somme A' n'y a pas été établie sur des bases pratiques. En effet, cette somme, dénommée *taxe d'abonnement*, est calculée sur la puissance cumulée de tous les appareils *installés*. Or, rien n'est plus variable que cette puissance, puisqu'il suffit de modifier la valeur lumineuse des lampes incandescentes pour la porter de 1 à 4 par exemple.

Pour connaître sa valeur et ses variations, il faut donc demander à l'abonné de faire des *déclarations*, lors de toutes les modifications apportées soit au nombre, soit à la valeur des lampes posées; et encore, de se soumettre, pour la vérification de ces déclarations, à un contrôle qui serait une véritable inquisition. En fait, ces déclarations ne sont jamais envoyées, ni par conséquent vérifiées, et la base réelle de l'établissement de la taxe A' manque absolument.

Il est cependant facile de transformer ces conditions en prenant pour base du calcul l'appareil même de mesure de l'énergie, le compteur. Celui-ci est capable d'une puissance nominale de P hectowatts, correspondant au maximum d'allumage simultané de l'installation. Cette puissance est poinçonnée sur le compteur même; elle est invariable, et présente toutes les qualités requises pour servir de base à la taxation de A'.

Dans les cas où le maximum instantané ne porte pas sur la totalité de la puissance installée, le calibre du compteur représente, bien mieux que celle-ci, la part des immobilisations propre à l'abonné.

En outre, le choix du calibre du compteur, comme chiffre de base, dispense l'abonné de toute déclaration et de toute visite domiciliaire en cas de modifications apportées à son installation.

On pourrait également prendre pour base l'indication d'un appareil indicateur du maximum, tel que celui de Wright par exemple; le résultat serait également bien atteint; mais s'il est possible d'éviter un appareil supplémentaire, il est préférable de le faire.

La taxe A' doit donc être établie sur la *puissance nominale du compteur*.

Maintenant se pose cette question : Comment obtenir le paiement d'une somme fixe, indépendante de toute consommation? L'esprit humain est ainsi fait qu'il est difficile de faire accepter la légitimité du paiement d'une somme qui n'est représentée, en apparence, par rien de réel; et cela quelle que soit la valeur du raisonnement à l'appui. De plus, il faut bien reconnaître qu'il serait abusif d'exiger cette taxe d'un abonné qui se serait absenté pendant une année entière, par exemple.

La meilleure manière d'obtenir ce paiement d'une somme fixe serait de le répartir sur les N premières heures de l'utilisation de la puissance nominale du compteur. Ainsi pour une installation dont le compteur serait de puissance P, les NP premiers kilowatts-heure seraient payés à un taux B' et tous les suivants à un taux B''. De cette façon, tout abonné qui consommerait moins de NP kilowatts-heure paierait au taux

maximum; tout abonné qui dépasserait cette limite jouirait d'un tarif moyen réduit automatiquement dans la proportion même où sa consommation le justifierait. L'indication des valeurs P et NP serait inscrite en tête du livret du compteur; et ce dernier resterait l'unique instrument de contrôle et de vérification de l'exécution du contrat.

La tarification ainsi formulée sur une base uniforme pour tous les consommateurs, et uniquement fondée sur le compteur, semble bien présenter toutes les qualités désirables.

Il reste à chiffrer les valeurs des quantités que nous avons désignée A, B, N, B′, B″.

Reprenons pour cela les éléments du prix de revient précédemment établi pour l'utilisation moyenne de 750 heures. Nous pouvons décomposer toutes les dépenses qui y figurent en deux parties, l'une fixe, l'autre proportionnelle à l'énergie vendue en plus ou en moins autour de cette moyenne. Ceci n'est possible que par une estimation un peu arbitraire, mais qui n'en est pas moins le seul moyen dont on dispose pour cette recherche.

Le tableau ci-après donne cette répartition pour le prix de revient :

Prix de revient moyen, en centimes par kilowatt-heure vendu, sur la base d'une utilisation de 750 heures par an :

Nature des dépenses.	Total en centimes.		Partie fixe en centimes.		Partie proportionnelle en centimes.
Amortissement du capital	11,40	=	11,40		0
Renouvellement du matériel, 1/3 fixe et 2/3 proportionnels	6,00	=	2,00	+	4,00
Frais de production et de distribution: Combustible, etc., 1/4 fixe et 3/4 proportionnels	4,95	=	1,24	+	3,71
Main d'œuvre, 3/4 fixes et 1/4 proportionnel	4,33	=	3,24	+	1,09
Entretien et frais généraux, 1/2 fixe et 1/2 proportionnel	3,09	=	1,54	+	1,55
Frais d'administration et frais généraux commerciaux dont 3/4 fixes et 1/4 proportionnel	3,09	=	2,32	+	0,77
	32,86	=	21,74	+	11,14

Ce tableau conduit, pour A et B, aux valeurs :

$$A = 21,74 \text{ cm : kw-h.}$$
$$B = 11,14 \quad —$$

Recherchons maintenant la quantité N, nombre d'heures minimum auquel serait applicable le taux maximum B′ destiné à solder A sous une forme spéciale.

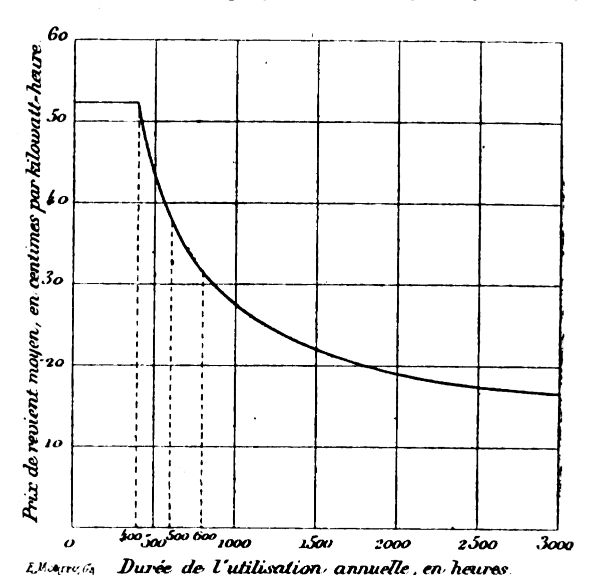
Il ne serait pas logique de prendre la moyenne de 750 heures. En effet, celle-ci se rapporte à l'utilisation de la puissance installée aux usines; tandis que la tarification est basée sur la puissance des compteurs, qui, loin d'égaler la précédente, se rapproche bien plus de celle des appareils de consommation. Cette dernière est toujours de 1,5 à 2 fois, en moyenne 1,75 fois celle des génératrices; de sorte que le chiffre N devrait être voisin de $\frac{750}{1,75} = 428$ heures.

La valeur de 400 heures semble, en effet, bien correspondre à la nature des choses. Elle laisse en dehors de tout rabais les consommations d'appartements, et celles de bureaux où l'utilisation est très faible. Elle permet une réduction sensible pour les magasins; elle donne enfin un prix très réduit pour les consommations industrielles de longue durée.

Le choix de cette valeur permet de déterminer les valeurs de B′ et B″, et la formule de tarification suivante :

Les kilowatts-heure correspondant à l'utilisation pendant 400 heures de la puissance nominale du compteur seraient tarifés 52,5 centimes l'un; les kilowatts-heure au delà de ce nombre seraient tarifés 11 centimes l'un; ces deux sommes, qui représentent des prix de revient, étant majorées dans la proportion convenable pour tenir compte du prélèvement de la Ville et du bénéfice industriel d'exploitation.

Il résultera, de cette tarification uniforme, un prix de revient moyen propre à chaque consommateur, et dépendant uniquement de son utilisation propre. Le graphique ci-joint indique



Prix de revient de l'énergie électrique en fonction de l'utilisation.

comment variera ce prix moyen pour des utilisations allant jusqu'à 3000 heures par an.

Ce prix moyen résulte de l'application des formules suivantes : pour une utilisation U inférieure à 400 heures par an :

$$y = 22 \cdot \frac{750}{400} + 11 = 52,3 \text{ cm : kw-h.}$$

pour une utilisation U supérieure :

$$y = \frac{400 \cdot 52,3 + (U - 400)\, 11}{U},$$

et l'on voit que cette valeur s'abaisse progressivement :

A 27,5	cm:kw-h	pour U =	1000	heures par an.
A 19,0	—	—	2000	—
A 16,5	—	—	3000	—

cette dernière correspondant au maximum extrême d'une consommation industrielle.

La Commission est d'avis qu'une formule de tarification unique, parallèle à celle du prix de revient, établie comme il est dit ci-dessus sur la puissance nominale du compteur et l'utilisation annuelle de cette puissance, est celle qui parait la mieux appropriée au régime futur.

Liberté ou réglementation. — La question de savoir si le tarif ainsi déterminé devrait avoir un caractère impératif de réglementation semble dépendre surtout des conditions dans lesquelles se fera l'exploitation. Si elle se faisait administrativement il semble difficile d'admettre autre chose qu'une réglementation absolue. Si au contraire elle se fait par un concessionnaire, il n'y a aucune raison de ne pas lui laisser la liberté de se mouvoir dans les limites, non pas d'un prix maximum, mais d'un tarif maximum établi comme ci-dessus. Cette liberté semble utile pour permettre de tenir compte de certaines circonstances accessoires propres à influer sur le prix de revient, comme par exemple un horaire spécial (consommation exclusive de jour), etc. Le compteur à double tarif pourra intervenir utilement pour les consommateurs qui en demanderaient l'application.

V. — DÉLAIS D'EXÉCUTION — PÉRIODE TRANSITOIRE

La transformation, dont les grandes lignes sont indiquées dans les chapitres précédents, sera très délicate; elle exigera une grande suite de vues et une exécution très méthodique pour pouvoir s'opérer sans à-coups et sans bouleversements propres à indisposer le public tout entier.

Il ne semble pas exagéré de prévoir que cinq années seraient un minimum pour réaliser le programme esquissé, même dans l'hypothèse dite de la table rase, où on ne tiendrait aucun compte de tout ce qui existe déjà. Dans tous les cas, la collaboration des moyens d'action des secteurs apparaît comme indispensable pour un certain nombre d'années. Quelle que soit la façon dont cette collaboration soit obtenue, on pourrait avantageusement en profiter pour sérier les travaux et les répartir sur une période assez prolongée et réduire ainsi au minimum les inconvénients de la transformation.

Il ne paraît pas exagéré de prévoir les délais suivants à partir du jour où une décision de principe aura été prise :

Une année pour les études préliminaires et passation de marchés;

Trois années pour l'installation de deux des usines et de leur canalisation de pénétration, pour la canalisation des quartiers industriels, et la moitié environ de celle des quartiers du centre;

Deux autres années seraient employées à achever cette dernière partie et à la mise en marche successive des usines de transformation.

Enfin, la dernière période serait affectée aux remaniements de la partie sud-ouest qui pourraient être nécessaires. Celle-ci est alimentée en courant alternatif simple, dans des conditions véritablement satisfaisantes pour ses abonnés. Les applications de la force motrice y sont peu nombreuses et, par suite de progrès récents, des moteurs appropriés à toutes les circonstances peuvent y être appliqués. Il n'y aurait donc pas d'avantage à y opérer une transformation trop profonde.

L'emploi désirable d'une notable partie des ressources actuelles des secteurs dépendra de la nature des contrats à intervenir, sujet sur lequel la Commission ne peut formuler aucun avis, puisqu'il dépend des intentions de l'autorité municipale.

Entre le moment où l'on pourra commencer l'exécution des travaux prévus et celui de leur achèvement, il y aurait lieu de prévoir une diminution graduelle des prix de vente, afin, d'une part, de faire bénéficier le plus tôt possible les abonnés d'un avantage appréciable, mais, d'autre part, d'éviter que les demandes d'abonnements, qui résultent d'une réduction de prix, ne se produisent en nombre tel qu'il soit impossible d'y donner satisfaction à bref délai.

Cette mesure paraît la seule propre à ménager la transition et à faire accepter de la population les petits ennuis qui découleront des importants travaux de voirie à exécuter pour les remaniements et les accroissements des canalisations.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les considérations énumérées en détail dans ce rapport peuvent se résumer par les conclusions suivantes :

1° Le régime technique qui paraît le plus convenable pour la distribution de l'électricité dans Paris est celui qui consiste :

a. A produire sous forme polyphasée les courants de haute tension, à la fréquence de 50 périodes par seconde, au moyen de plusieurs usines, situées hors de l'enceinte, à proximité de la Seine;

b. A transformer ce courant dans des sous-stations dont les unes, desservant la région centrale, distribueront du courant continu, par trois fils, sous deux fois 110 volts; et dont d'autres, dans les quartiers moins denses, distribueraient en courant alternatif sous 110 volts;

c. A conserver la transformation directe chez l'abonné pour les conditions spéciales de force motrice importante, ou de consommation très clairsemée ou encore très irrégulière, comme il est indiqué plus haut.

2° Le régime de tarification qui paraît le seul logique consiste à adopter une formule telle que les sommes reçues de l'abonné suivent aussi parallèlement que possible les sommes dépensées pour lui; et à baser cette formule sur l'importance et les indications du compteur, en évitant toute ingérence dans l'installation de l'abonné.

3° Les travaux que nécessitera l'exécution du programme arrêté devraient être sériés et répartis sur un certain nombre d'années, et tendre d'abord à donner satisfaction aux besoins industriels, puis à transformer les quartiers déjà desservis dans l'ordre de leur importance comme densité de consommation.

Ces différentes conclusions paraissent pouvoir faire l'objet d'un programme ou d'un cahier de charges qui devrait également prévoir un régime transitoire des prix de vente afin d'éviter une perturbation trop profonde dans l'accroissement de la consommation.

Le Rapporteur,
R.-V. Picou.

LES APPAREILS
D'ALLUMAGE ET ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
AU SALON DE L'AUTOMOBILE

Les applications de l'électricité à l'automobile prennent chaque jour plus d'importance, et il n'est pas douteux aujourd'hui qu'elles représentent une branche importante de l'industrie électrique.

En premier lieu l'allumage électrique des moteurs n'a cessé de se développer. L'an dernier nous avons analysé ici-même [1] les principaux systèmes d'allumage, en particulier ceux utilisant des magnétos dont l'usage commençait à se généraliser. A la dernière Exposition on pouvait voir des magnétos sur presque toutes les voitures; ces générateurs mécaniques toujours prêts à fonctionner sont en effet plus sûrs que les piles ou les accumulateurs à cause de la constance de leurs effets pour si prolongé que soit leur fonctionnement. Cependant la plupart des véhicules comportaient outre la magnéto un allumage complet par piles ou accumulateurs, et la raison en est facile à comprendre. La magnéto est un organe bien simple pour les électriciens de profession; c'est au contraire un appareil mystérieux pour la plupart des automobilistes, peu au courant des variations de flux et de leurs effets.

En cas de panne qu'arrive-t-il? On démonte toujours bien, mais on remonte presque toujours mal; or nous avons montré que le calage de l'induit de la magnéto par rapport à la position des manivelles du moteur à explosion n'est pas indifférent, et cela pour que la variation

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 291, du 10 février 1904, p. 54.

de flux et par suite l'étincelle se produise au moment opportun. Cette liaison se fait soit à l'aide d'engrenages, soit par chaîne, et il suffit pendant le montage de ne pas respecter les repères pour que l'on n'obtienne plus rien de la magnéto.

Un deuxième mode d'allumage s'impose donc, d'autant plus qu'avec la pile ou l'accumulateur l'automobiliste peut « suivre le courant », si l'on peut s'exprimer ainsi, en s'aidant d'un galvanoscope quelconque et voir où le circuit est interrompu, si interruption il y a. Malgré même la simplicité de ce dernier système, beaucoup de néophytes ne peuvent trouver les défauts de fonctionnement s'ils ne sont habilement secondés; on conçoit donc que l'allumage par magnéto, pour si avantageux qu'il soit, n'ait encore pu conquérir la vogue qu'on lui doit en présence du peu de science électrique de la plupart des chauffeurs.

A la dernière Exposition nulle invention sensationnelle, surtout au point de vue électrique, ne paraît avoir été lancée; aussi nous bornerons-nous à enregistrer quelques perfectionnements de détails.

1° *Accumulateurs.* — Toutes les principales marques ont exposé leurs modèles d'accumulateurs d'allumage, et les électriciens ne s'en étonneront pas, car ils savent que ce genre d'appareil est relativement facile à fabriquer surtout lorsqu'on est déjà outillé. On emploie d'une façon générale des vases en celluloïd que protège une caisse en tôle; les dimensions et les capacités des éléments tendent à s'unifier et il n'y a guère que deux ou trois types pratiquement interchangeables.

Les marques Tudor, Union, B.G.S., Dinin, Max, Heinz, etc., sont trop connues de nos lecteurs pour que nous songions à les décrire; citons cependant la présence de l'accumulateur Paul Gadot dont l'inventeur fut un des pionniers de cette industrie, puisque sa double plaque à dépouille intérieure date de 1886.

Parmi les nouveaux venus on pouvait voir au stand de la *Société d'allumage Compound* un nouvel accumulateur à liquide immobilisé *insulfatable*, du moins à ce que disent ses promoteurs. Le procédé consiste à remplacer l'électrolyte liquide ordinairement employé par une matière plastique, homogène, de consistance visqueuse, dans la composition de laquelle entre en majeure partie du sulfate de plomb convenablement préparé et sursulfaté par l'addition d'acide sulfurique sous l'action du courant.

Cet électrolyte procure une légère augmentation de la f. é. m. de 0,2 volt environ et, chose assez curieuse, si on laisse l'élément au repos en comparaison avec un accumulateur analogue que l'on a chargé avec l'électrolyte ordinaire, la différence des forces électromotrices va toujours en s'accentuant. Enfin, quel que soit le temps pendant lequel cet accumulateur à liquide immobilisé reste déchargé, fût-ce un ou deux ans, il ne paraît pas se sulfater.

Cette particularité remarquable tient sans doute à ce que l'électrolyte, étant lui-même un sulfate sursulfaté irréductible par l'action électrolytique, vient immédiatement absorber les sulfates secondaires qui peuvent se produire à la surface des plaques et qui ne sont, à vrai dire, au début que des sous-sulfates parfaitement réductibles. C'est une sorte de vaccin qui vient inoculer les plaques, comme le dit d'une façon si pittoresque un journal scientifique anglais. Enfin, grâce à sa consistance, cet électrolyte est anti-vibrateur et présente un avantage précieux pour les accumulateurs d'automobiles, c'est de caler les plaques entre elles et d'amortir les trépidations tout en s'opposant à la chute des matières actives. Il n'y a qu'un inconvénient à l'emploi de cet électrolyte, c'est qu'il est très lourd, mais la question a peu d'importance pour des accumulateurs destinés à l'allumage.

Dans un autre ordre d'idées MM. *Méran frères* exposaient un accumulateur soi-disant indestructible de construction assez originale. Une des électrodes est constituée par un vase poreux contenant la matière active sous forme de grains autour d'une lame de plomb antimonieux. Ce vase ainsi garni est placé au centre d'une cuve en grès ou en bois doublé de plomb, et l'intervalle est rempli de matière active en grains assez gros, cette partie annulaire concentrique à la première constitue l'autre électrode. L'élément reçoit de l'eau acidulée sulfurique qui vient se loger dans les interstices que laissent les grains entre eux. Il est évident que dans un tel élément la chute de la matière active devient presque impossible, mais nous nous demandons si le vase poreux est assez solide pour résister au foisonnement de la matière active et si, d'un autre côté, la résistance intérieure n'est pas plus élevée que dans les éléments à plaques. Quoi qu'il en soit, cet accumulateur peut être utilisé avantageusement dans certaines applications, telles que l'allumage, où l'augmentation de la résistance intérieure qui résulte de la présence du vase poreux n'entre pas en ligne de compte.

L'emploi de grains dans la constitution des électrodes est encore adopté dans l'accumulateur *Schmitt*, mais d'une tout autre façon, car c'est sous forme de plaques ordinaires que se présente cet accumulateur.

Contrairement à ce qu'on avait fait jusqu'à présent dans les accumulateurs à grille, dans lesquels les plaques ne forment qu'une masse compacte adhérente à son support, les plaques de l'accumulateur Schmitt sont essentiellement constituées d'une multitude de grains de matière active reposant les uns sur les autres, maintenus dans un manchon souple et rigide entre deux parois perforées de trous assez grands pour que le liquide puisse circuler librement au travers et assez petits pour maintenir les grains de matière. L'âme conductrice de l'électrode se compose de bandes ou lames de plomb antimonieux horizontales, d'épaisseur, de largeur et de longueur variables suivant l'importance de l'accumulateur et son usage.

Les parois rigides, perforées, sont maintenues parallèles par des cloisons de même largeur que les lames de plomb; ces cloisons sont destinées à maintenir constant l'écart des joues et à éviter tout tassement de la matière sous l'action des trépidations.

2° *Magnétos*. — Il ressort d'une statistique faite sur une centaine de voitures automobiles exposées au dernier Salon que les divers systèmes d'allumage se répartissaient de la façon suivante :

Allumage par accumulateurs et piles . . .	Environ	16	pour 100.
— magnétos avec rupteurs. . .	—	44	—
— magnétos avec bougies . . .	—	36	—
— divers.	—	4	—

Comme on le voit l'allumage par magnéto prédomine et il finira probablement par régner en maître dès qu'on sera plus familiarisé avec son emploi. Rappelons en deux mots le principe de ces appareils :

1° La magnéto à rupture produit un courant alternatif qui est interrompu entre deux pièces mobiles, appelées rupteurs, au moment où son intensité est maxima. Si cette coupure se fait à l'intérieur du cylindre moteur, on conçoit que l'étincelle de self ainsi obtenue puisse provoquer l'inflammation du mélange gazeux.

2° La magnéto avec bougie comporte généralement deux enroulements : un primaire à gros fil fermé sur lui-même forme écran magnétique vis-à-vis d'un enroulement secondaire à fil fin disposé au-dessus. Si l'on coupe brusquement le circuit primaire au moment où, par suite de la rotation entre les deux pôles d'un aimant, ce circuit est traversé par un courant à son maximum d'intensité, la brusque variation de flux ainsi produite induira dans le fil fin un courant à f. é. m. très élevée. Une étincelle jaillira si ce fil fin est relié à une bougie, et l'inflammation des gaz tonnants se fera comme avec les piles et la bobine d'induction.

Ces deux systèmes se partagent la faveur des constructeurs, comme la statistique le montre, mais ainsi que nous l'avons dit plus haut, tout dérangement provenant soit d'une rupture de fils, soit d'une désaimantation des inducteurs, soit d'une tout autre cause, devient difficile à localiser, surtout pour le chauffeur habitué à la pile ou à l'accumulateur. On peut, il est vrai, avoir à la fois les les deux systèmes, et c'est ce qu'ont fait la plupart des constructeurs.

Avec le système à rupteurs, la machine fournissant de 70 à 80 volts, il faudrait pour la remplacer une batterie de secours d'un nombre élevé d'éléments, ce qui n'est pas pratique. Dans le cas de l'étincelle directe, la même bougie pourra être alimentée par bobine et accumulateurs, aussi est-ce vers cette solution que tend l'emploi des systèmes de secours préconisés jusqu'à maintenant.

Dans cet ordre d'idées la maison *Mildé* exposait un allumage ingénieusement combiné pour permettre la marche avec magnéto ou avec accumulateurs.

L'induit à double T de cette machine produit un courant alternatif d'une tension efficace de 4 à 5 volts et dont l'intensité efficace peut atteindre 6 ampères. Ce courant passe par un interrupteur mécanique placé sur l'arbre de la magnéto et se rend de là à une bobine d'induction du modèle ordinaire.

Lorsque le moteur est à deux ou à quatre cylindres, le courant secondaire de la bobine passe par un distributeur tournant qui donne l'étincelle au moment voulu à chacun des cylindres.

Si pour une cause quelconque l'interrupteur mécanique de la magnéto vient à s'encrasser ou à se dérégler, on peut à l'aide d'un commutateur (n° II) (fig. 1) se

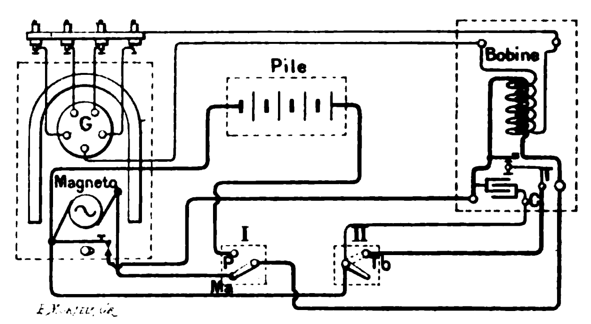


Fig. 1. — Schéma du montage de la magnéto Mildé.

servir du trembleur magnétique de la bobine; pour cela ce dernier appareil a été modifié et le condensateur habituellement relié aux deux bornes du trembleur a été séparé, l'une de ses armatures aboutissant à la borne C.

On peut donc de cette façon, à l'aide du commutateur, mettre le trembleur en dérivation sur l'interrupteur mécanique de la magnéto, ce qui supprime déjà une chance d'arrêt.

Une autre cause de non-fonctionnement peut provenir de la rupture du fil induit soit à sa liaison avec les pièces de contact, soit ailleurs, il est possible à ce moment, à l'aide du commutateur n° I, de substituer rapidement une batterie d'accumulateurs ou de piles à la magnéto et l'allumage se fera à la façon ordinaire. Ici encore le distributeur assurera l'allumage des deux ou quatre cylindres, car il est disposé sur le circuit secondaire.

Ces combinaisons permettent, comme on le voit, d'assurer la marche du moteur en cas d'accident survenu à

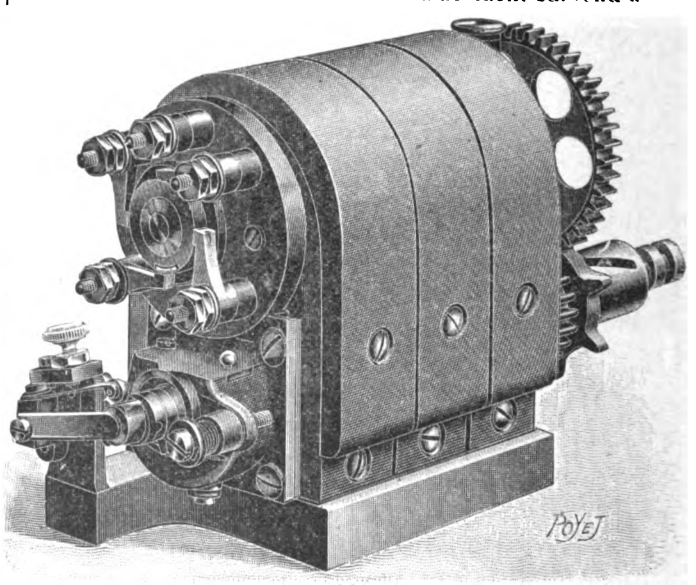


Fig. 2. — Vue d'ensemble de la magnéto Mildé.

la magnéto, et cela sans descendre de voiture, facilement et rapidement, même la nuit.

La magnéto est actionnée par le moteur de la voiture par l'intermédiaire d'engrenages, d une chaîne ou d'un plateau d'entraînement. Une douille placée sur l'arbre de l'induit reçoit le mouvement du moteur et un petit axe à coulisse permet de faire varier le calage de l'induit et de faire changer le moment de la rupture. On obtient ainsi très aisément l'avance ou le retard à l'allumage si précieux pour régler l'allure de la voiture. Ajoutons que les paliers sont montés avec bagues de graissage tournant dans l'huile, ce qui rend l'entretien et la surveillance presque nuls. La figure 2 donne une vue d'ensemble de cette machine.

Parmi les nouvelles magnétos exposées cette année on remarquait celle de la Société *Magneta*, se distinguant des autres en ce que la bobine induite est fixe Cette bobine de forme cylindrique, dont l'enroulement se fait d'une façon simple, est traversée par un axe mobile en fer doux. Ce noyau porte deux pièces transversales du côté des faces latérales de la bobine, situées à 90° et 180° l'une par rapport à l'autre (fig. 3) qui passent simultanément par

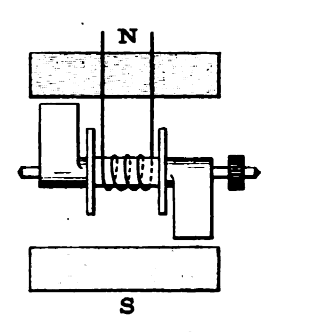


Fig. 3. — Schéma des machines Magnéta.

suite de la rotation en face des épanouissements polaires d'aimants permanents. Cette disposition permet d'obtenir des variations de flux à l'intérieur de la bobine en laissant cette dernière immobile; c'est du reste celle qui est utilisée dans les horloges-mères de la même Société. On peut utiliser ces machines soit pour l'allumage par étincelle d'arrachement, soit avec bougies en leur adjoignant une bobine d'induction.

Dans les sous-sols des serres du Cours-la-Reine on pouvait voir fonctionner une magnéto qui ne manquait pas d'originalité.

Cet appareil présenté par MM. Talamon et Buffard, représentants de *The Auto-igniter C°*, ne contient aucune bobine en mouvement, c'est un petit alternateur à réluctance variable.

En principe la magnéto se compose d'un disque de fer doux dont une partie a été enlevée aux environs de la périphérie. Le trou ainsi laissé libre a été garni d'un métal non magnétique de densité voisine de celle du fer, en vue de ne pas détruire l'équilibrage. Ce disque peut tourner entre les pôles d'un puissant aimant en fer à cheval, il est claveté pour cela sur l'arbre du moteur soit au bout soit en toute autre partie. L'un des pôles de l'aimant porte deux projections cylindriques et la bobine active est enroulée sur l'une de ces projections (fig. 4).

Si le moteur tourne, examinons ce qui se passe : le disque est entraîné par l'arbre, sa partie dépourvue de fer vient passer entre les projections polaires où elle détermine une fois par tour de fortes variations de flux; une force électromotrice, d'autant plus élevée que la variation est plus rapide, prend naissance dans la bobine,

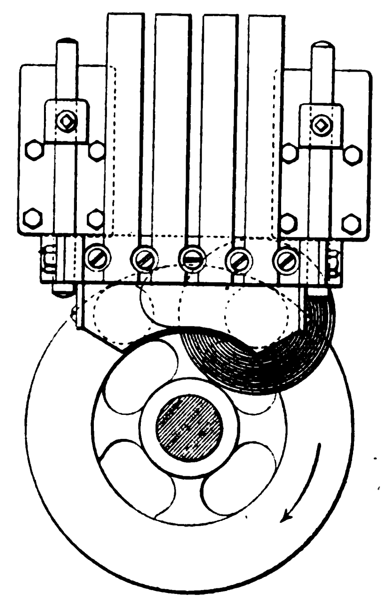


Fig. 4. — Magnéto à réluctance variable.

elle détermine un courant si le circuit est fermé. L'expérience montre que ce courant se maintient pendant environ un huitième de tour, ce qui est largement suffisant pour obtenir un bon allumage, soit avec de l'avance soit avec du retard.

Quand on a besoin d'un grand nombre d'allumages par tour complet de l'arbre, pour des moteurs à plusieurs cylindres par exemple, le disque est perforé en deux ou plusieurs endroits convenablement choisis suivant les cas.

L'allumage s'obtient généralement par étincelle d'arrachement, et ici aucune bobine de self additionnelle n'est nécessaire, car l'inductance de la bobine suffit. A la vitesse angulaire de 200 tours par minute, l'étincelle obtenue est comparable à celle que l'on a avec 8 éléments de pile Édison-Lalande travaillant sur une bobine de self ordinaire.

La magnéto peut du reste être utilisée à produire l'allumage par bougie ordinaire si on lui adjoint une bobine d'induction et un rupteur convenablement établi.

Au moment où l'évidement du disque abandonne l'épanouissement polaire portant la bobine, la force électromotrice induite atteint une valeur très élevée dans l'enroulement; si on a soin de caler convenablement le disque pour que les rupteurs provoquent l'étincelle à ce moment précis, l'allumage pourra s'obtenir même lorsque le moteur tourne lentement, à la mise en route, par exemple, qui se fait généralement à la main. On n'aura donc pas besoin d'une batterie auxiliaire comme c'est le cas avec beaucoup d'autres allumages du même genre.

Grâce à l'emploi des doubles projections polaires, utilisées dans cette machine, le circuit magnétique reste *fermé* pour n'importe quelle position du disque, l'évidement ne pouvant couvrir par construction qu'une pièce polaire à la fois.

Des mesures faites sur des magnétos en usage depuis quelque temps ont montré que les aimants sont restés identiques à eux-mêmes malgré le temps; ce perfectionnement est très appréciable, car il permet de pouvoir compter sur un bon allumage à n'importe quel moment.

L'appareil ne comportant ni bobine en mouvement ni balai, ni contacts, ni coussinets, est indéréglable et presque inusable; un grand nombre de ces magnétos sont du reste depuis longtemps installées en Amérique sur des moteurs à un et plusieurs cylindres avec lesquels ils donnent les meilleurs résultats.

L'Exposition dernière contenait, outre les systèmes que nous venons de décrire, les magnétos bien connues de Simms-Bosch, Eiseman, Nil-Melior, Compound, etc. etc.; nous nous contenterons de renvoyer le lecteur que la question intéresse à l'article que nous avons publié l'an dernier sur tous ces systèmes d'allumage.

Éclairage des voitures. — Depuis quelque temps on tend à remplacer les phares à acétylène des voitures par des lanternes électriques d'un entretien plus commode. Le problème est facile à résoudre puisqu'en général on dispose d'une batterie d'accumulateurs sur le véhicule pour l'allumage du moteur, mais on est conduit à recharger plus souvent les éléments à moins de le faire en cours de route à l'aide d'une petite dynamo auxiliaire commandée par le moteur.

Sous cette dernière forme le problème devient celui de l'éclairage des voitures de chemin de fer dont les accumulateurs reçoivent d'une dynamo le courant de charge rendu constant, quelle que soit l'allure de la voiture, par divers artifices tous très ingénieux.

Au Salon du Cycle et de l'Automobile, on pouvait voir dans le stand des accumulateurs Union une dynamo à tension constante présentée par M. Eyquem. Cette petite

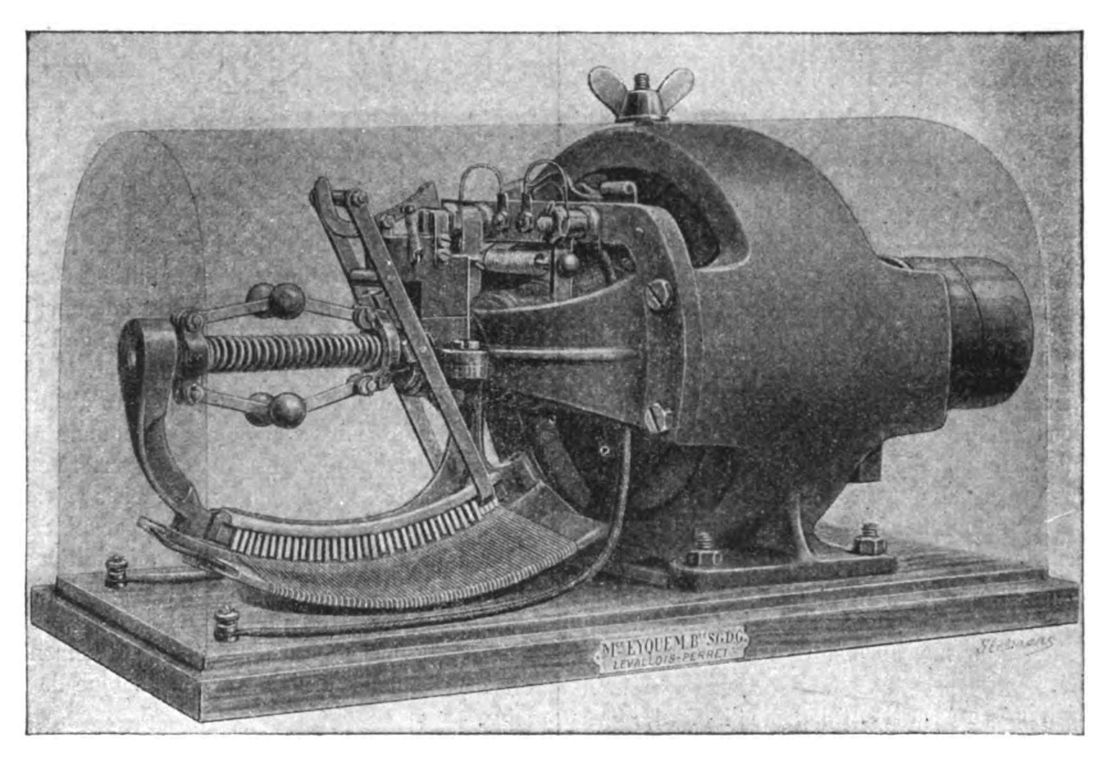


Fig. 5. — Dynamo d'éclairage système Eyquem.

machine est commandée par le moteur à l'aide d'une courroie, elle porte un prolongement de son arbre supportant un régulateur de Watt à force centrifuge dont les boules en s'écartant agissent sur un rhéostat convenablement calculé.

Quelle que soit l'allure du moteur, une fois la machine amorcée, la tension reste constante à ses bornes lorsqu'elle débite sur les lampes des phares ou lorsqu'elle recharge les accumulateurs d'allumage.

Une solution bien plus élégante était donnée par un autre constructeur qui exposait pour résoudre le problème une simple magnéto à courant alternatif. Il est en effet facile de démontrer que si on alimente les phares avec un tel générateur, on aura une intensité constante avec une vitesse variable. L'intensité du courant est en effet de la forme :

$$I_{eff} = \frac{E_{eff}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}.$$

Or la force électromotrice est proportionnelle à la



vitesse angulaire, de même aussi l'impédance, mais si nous supposons que la résistance ohmique est assez petite pour être négligeable, on voit facilement que le deuxième membre se réduit à $\frac{E_{eff}}{L\omega}$ soit à une quantité constante, si l'on tient compte de ce que la vitesse angulaire est la seule quantité variable intervenant dans les deux termes de la fraction. En pratique R n'est pas tout à fait négligeable, il en résulte que l'intensité croît légèrement avec la vitesse, mais très peu, et les lampes brillent d'un éclat sensiblement constant. On peut objecter qu'avec un tel système la recharge des accumulateurs n'est pas possible, mais comme nous le montrerons dans un prochain article la difficulté peut être résolue par l'emploi de clapets électrolytiques convenablement étudiés. Ces appareils d'une simplicité évidente n'ont pas reçu de grandes applications pour diverses raisons qu'il serait trop long d'analyser ici et sur lesquelles nous reviendrons; mais pour de faibles puissances ils peuvent, croyons-nous, rendre de signalés services.

Le dernier Salon de l'Automobile renfermait, outre les quelques appareils électriques que nous venons de signaler, une exposition remarquable et nombreuse d'accessoires tels que bobines, bougies, rupteurs, etc. Si nous les avons passés sous silence, c'est qu'ils sont trop connus aujourd'hui de nos lecteurs. Nous n'avons signalé parmi tant d'applications que celles qui nous ont paru les plus originales ou tout au moins les plus nouvelles.

A. SOULIER.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

La traction électrique sur le chemin de fer de London Brighton. — Depuis déjà très longtemps les directeurs de ce chemin de fer ont fait le projet d'employer la traction électrique sur une partie de leur réseau. Finalement ils ont décidé d'adopter le système à courant alternatif simple et à haute tension, à conducteur aérien, sur une section de leur ligne entre Battersea Park et Peckham Rye.

La traction électrique présente l'immense avantage d'éviter le changement de locomotive aux gares terminus, de sorte qu'on pense qu'un train partira de nouveau moins de deux minutes après son arrivée. L'importance de cette réduction de stationnement est évidente, car il deviendra possible de ce fait d'exploiter trois fois plus de trains pendant les heures très chargées tout en conservant les quais actuels, tandis que s'il fallait les remanier, cela entraînerait une dépense assez considérable.

Ainsi tout en facilitant la circulation aux terminus la direction pourra s'occuper de desservir les faubourgs plus éloignés. sur un rayon de peut-être 48 km. Jusqu'à présent cela a été impossible, car on ne pouvait pas intercaler un seul train de plus aux gares terminus aux heures de forte circulation. Il n'y a aucun doute que si on pouvait établir un service spécial de trains le matin et le soir, les hommes d'affaires en profiteraient tout de suite.

Les tramways électriques du Sud de Londres pendant ces dernières années ont fait une grande concurrence aux chemins de fer à cause de la plus grande accélération et de la vitesse moyenne plus élevée qu'ils réalisaient grâce à l'électricité, et sans doute les chemins de fer auront beaucoup à souffrir de la présence des tramways existants ou projetés s'ils ne font pas eux aussi un effort pour établir un service aussi rapide, aussi commode et aussi bon marché que le font les tramways. Mais le problème tel qu'il se présente aux directeurs est très difficile. Il faut absolument ne pas déranger le service existant, ce qui est beaucoup plus difficile qu'avec les chemins de fer souterrains, à cause du trafic qui a lieu nuit et jour. Les relations compliquées du réseau avec d'autres chemins de fer, les limites imposées par les ponts, etc., rendent encore la transformation des plus difficiles. Les directeurs sont d'accord pour reconnaitre que le système avec troisième rail est à rejeter à cause de la présence de Clapham Junction, qui est la gare la plus fréquentée du monde, traversée par plusieurs chemins de fer de différentes compagnies, ce qui met un obstacle insurmontable à la présence d'un troisième rail.

Depuis 1901, M. Philip Dawson, ingénieur-électricien-conseil, qui a étudié cette question complètement et a visité plusieurs installations électriques à courants alternatifs simples et polyphasés à l'étranger, vient de remettre aux directeurs un rapport très soigné et très détaillé, de sorte que maintenant tout est prêt pour la transformation. Il n'a rien laissé au hasard, et tout est étudié exactement.

Comme seul le courant alternatif est préférable au système à courant continu avec troisième rail, il reste à résoudre la question des conducteurs aériens à haute tension.

Les courants polyphasés ne pouvaient convenir à cause des caractéristiques des moteurs, de la complication des contrôleurs, etc., lesquels, quoique convenables pour des trajets à long parcours, n'étaient pas avantageux pour un service de banlieue présentant des arrêts fréquents. Il résulte cependant des essais entrepris sur le chemin de fer à courants triphasés de la Valteline équipé par la maison MM. Ganz et Co, que parmi toutes les difficultés rencontrées dans l'installation, l'équipement aérien n'avait donné lieu à aucun dérangement.

Ce résultat est très encourageant; car, il montre que deux conducteurs de différente polarité, à une tension de 3000 volts entre eux et la terre, pouvaient être entretenus avec succès et exploités pendant plusieurs années, malgré qu'ils passent en certains points en souterrain dans des tunnels très humides, traversés par des trains de marchandises dont les locomotives vomissent une fumée épouvantable, malgré aussi les complications résultant

de l'emploi de deux conducteurs aux jonctions et croisements. A plus forte raison on pourrait employer un seul conducteur, dans des conditions plus favorables.

Les traits principaux du système sont les suivants : une station de production sera élevée à New-Cross; les dynamos seront actionnées par des turbines à vapeur, on adoptera pour cela le système d'unité complète des chaudières et des turbo-alternateurs. Les alternateurs produiront du courant alternatif simple à 6600 volts, 25 périodes par seconde, et l'énergie sera directement fournie aux conducteurs aériens à 6000 volts, sans l'interposition d'aucun appareil de transformation. Ceci est un trait important, parce qu'il évite toute la dépense résultant de l'emploi de sous-stations transformatrices.

La canalisation aérienne aura des câbles à double suspension. Ces dernières seront formées de torons de fils de cuivre avec âme en acier et elles supporteront le conducteur en cuivre tous les deux mètres environ, de sorte que la possibilité de la chute d'un conducteur sur le sol sera presque évitée.

Les rails ne seront pas jonctionnés spécialement pour le courant de retour; au lieu de cela, chaque rail sera relié à l'extérieur d'un câble concentrique placé souterrainement entre les voies, tandis que le conducteur intérieur du câble constituera un feeder à haute tension.

Le matériel roulant consistera en wagons couloir à bogie d'un modèle spécial.

On recueillera le courant sur le conducteur aérien au moyen d'un archet glissant.

La fin des tramways. — La question du développement des tramways devient une des plus sérieuses de l'époque et, dernièrement, à la réunion du *Court of Common Council*, une des raisons avancées par ceux qui s'opposaient aux nouveaux bills du *London County Council* est que déjà on commence à craindre que les automobiles ne viennent bientôt à remplacer les tramways.

L'automobile a de son côté des avantages sérieux sur le tramway à vapeur ou électrique. D'abord, il n'est pas nécessaire de remanier les routes, et ceci représente une économie énorme au point de vue de l'entreprise. Un service de tramways sur rails est nécessairement limité à certains parcours, et si un accident a lieu en un point, la ligne entière est hors de service, tandis qu'une automobile peut aller partout, et un tel service avec moteurs indépendants n'est pas affecté par des accidents.

Ensuite, le grand coût d'installation de la voie est éliminé, et l'usure des rails avec les tramways modernes, avec les voitures lourdes et rapides, est très importante; elle représente une des grandes dépenses des municipalités. Enfin il n'est pas possible de permettre l'installation de tramways dans des rues où le trafic est aussi actif qu'à Londres sur les voies principales.

On voit déjà des signes du changement. Les Compagnies d'omnibus de Londres, après plusieurs essais, paraissent avoir adopté un type d'automobile qui convient très bien à leur service, et elles ont commandé 150 de ces véhicules. S'ils ont du succès, il est bien certain qu'on en verra bientôt dans de nombreuses villes.

Autrefois lorsque les véhicules étaient tous traînés par des chevaux, ce n'était guère gênant de voir des voitures à allure lente encombrant le milieu des chaussées. Mais avec l'entrée en ligne des automobiles, cette question est devenue très importante. Il est inutile d'avoir des omnibus rapides s'ils sont arrêtés par un gros camion lent. On perd du temps et le coût de transport est de beaucoup augmenté. La police londonnienne, qui dirige si admirablement la circulation, pourra bien un jour réglementer sagement un tel droit.

La conversion des canaux en chemins de fer électriques. — M. Bennett, dans le journal *Public Works*, a exposé son projet pour la transformation mentionnée ci-dessus.

Il pense que les canaux pourraient être desséchés et qu'on trouverait là une tranchée toute faite pour un chemin de fer. L'auteur signale le mauvais état des canaux anglais à cause de leur service si lent, et de leur trajet peu rectiligne. Il voudrait voir reliées par ce moyen les grandes villes du Lancashire, Yorkshire, Staffordshire et Warwickshire avec Londres et les villes intermédiaires. Pour exécuter ce projet, il ne faudrait que 70 km de voies additionnelles.

On estime le coût de la transformation à 89 060 fr par km.

C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 30 janvier 1905.

Sur un enregistreur des ions de l'atmosphère. — Note de MM. P. Langevin et M. Moulin, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus*).

Séance du 6 février 1905.

Thermomètre intégrateur. — Note de M. Ch. Féry, présentée par M. Lœwy. — Dans une précédente Note [1] j'ai mentionné l'emploi d'un thermomètre donnant la température moyenne de l'endroit où il se trouve.

Diverses applications de ce petit appareil m'ayant été signalées depuis, je crois utile d'en donner une courte description.

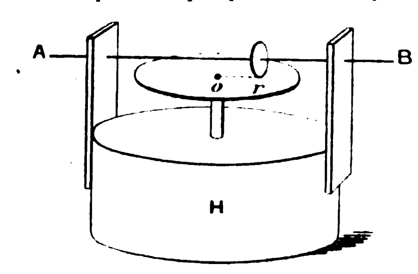
L'axe AB qui supporte une roulette r (fig. 1) peut être déplacé longitudinalement au moyen d'un thermomètre métallique (non représenté sur la figure), de telle sorte que la distance or de la roulette au centre du plateau sur lequel elle repose est proportionnelle à la température.

[1] *Sur l'isochronisme du pendule des horloges astronomiques. Comptes rendus*, 9 janvier 1905.

Le plateau *o* est lui-même mis en rotation au moyen du mouvement d'horlogerie H.

Il résulte de ce dispositif que le nombre de tours de la roulette par unité de temps sera proportionnel à la température moyenne, l'appareil ayant tourné au bout d'un temps *T* d'une quantité égale à $\int_0^T \theta dM$.

Un dispositif très simple permet d'obtenir l'enregistrement du nombre de tours de la roulette, et à intervalles réguliers le plateau s'abaisse pendant quelques secondes, pour permettre



à la roulette de prendre sa position exacte, ce qui élimine les erreurs pouvant provenir du frottement de la roulette suivant le rayon *or*.

L'appareil a été étalonné au moyen du régulateur d'Ostwald qui maintient constante la température aussi longtemps qu'on le désire à $\frac{1}{10}$ de degré près. La courbe qui représente le nombre de tours en fonction de la température est rigoureusement une droite.

Remarquons en terminant que la précision du mouvement d'horlogerie n'a pas besoin d'être très grande, une variation de 15 minutes dans la marche diurne n'affectant les mesures que de $\frac{1}{100}$ de la quantité à mesurer.

Une division du tambour enregistreur vaut environ $\frac{1}{50}$ de degré.

Frein synchronisant électromagnétique. — Note de M. Henri Abraham, présentée par M. J. Violle. — Dans un assez grand nombre d'expériences, on est conduit à entraîner un appareil au moyen d'un moteur synchrone actionné par un courant alternatif. On peut alors être gêné par la complication qu'apporte le dispositif spécial de démarrage et par la perturbation que le moteur introduit dans le circuit.

On atténue beaucoup ces inconvénients à l'aide de l'artifice suivant.

L'appareil particulier qu'il faut entraîner est mû par un moteur auxiliaire. L'axe du moteur porte une roue dentée en cuivre rouge dont les dents défilent dans l'entrefer d'un électro-aimant ayant ses deux branches de part et d'autre du plan de la roue. Cet électro-aimant est actionné par le courant alternatif sur lequel on veut synchroniser le moteur.

Supposons pour un instant le synchronisme établi et supposons en outre que chaque dent passe dans l'entrefer au moment où le champ magnétique est presque nul. Les courants induits sont alors très faibles et le *freinage* qu'ils produisent est, par conséquent, minimum. Pour maintenir le synchronisme ainsi établi, il suffirait que la puissance fournie au moteur auxiliaire fût juste suffisante pour produire le mouvement voulu et pour compenser la petite quantité d'énergie absorbée par le frein.

Si nous fournissons maintenant au moteur une puissance un peu supérieure à cette valeur critique, ce moteur prendra d'abord une légère avance de phase sur le courant alternatif. Les dents de cuivre rouge passant alors dans l'entrefer à des instants où le champ magnétique a une valeur sensible, les courants induits augmenteront et le frein absorbera toute l'énergie supplémentaire du moteur, *sans que sa vitesse puisse augmenter*.

En pratique, la manœuvre se réduit à ceci : on met le moteur en marche et l'on fait passer le courant alternatif dans l'électro-aimant. La synchronisation se produit spontanément, le moteur s'accroche tout seul.

— Si les deux appareils à synchroniser produisaient tous deux des courants alternatifs, on pourrait exercer le freinage sur un disque de cuivre continu ou sur le rotor d'un moteur. Il suffirait que l'électro-aimant eût un enroulement différentiel dont les deux circuits seraient parcourus par les courants des deux machines.

Hystérésis magnétique aux fréquences élevées dans le nickel et les aciers au nickel. — Note de MM. Ch.-Eug. Guye et A. Schidlof, présentée par M. Lippmann. — Nous avons appliqué la méthode bolométrique [1] à l'étude de la chaleur dégagée par hystérésis aux fréquences élevées dans le nickel et quelques aciers au nickel. Les résultats de cette étude peuvent être résumés comme suit :

1° Entre 300 et 1200 périodes par seconde, l'énergie dissipée par cycle est comme pour le fer indépendante de la vitesse avec laquelle le cycle d'aimantation est parcouru. L'exactitude de cette vérification est du même ordre que celle obtenue avec le fer (Note du 26 septembre 1904).

2° En maintenant la température et la fréquence constantes et en faisant varier l'intensité efficace du champ magnétisant alternatif, nous avons obtenu pour l'énergie dégagée sous forme de chaleur, par cycle et par centimètre cube, les chiffres suivants :

CHAMP MAXIMUM CALCULÉ (FRÉQUENCE 1200) EN GAUSS.	ÉNERGIE VOLUMIQUE DÉGAGÉE EN ERGS PAR CYCLE ET PAR CM³.				
	Acier à 27 p. 100 Ni.	Fer.	Acier à 35 p. 100 Ni.	Nickel.	Acier à 45 p. 100 Ni.
107,7	119 800	63 900	23 100	13 600	10 700
94,3	113 600	62 800	22 500	13 100	10 600
80,8	119 000	59 400	21 900	12 600	10 100
67,3	95 600	58 0 0	21 700	12 000	9 700
53,9	69 500	54 800	20 800	10 200	9 500
40,4	28 100	51 400	19 700	6 400	8 700
33,7	13 100	49 200	18 800	4 200	8 500
26,9	4 800	47 100	18 000	2 000	7 900
20,2	1 100	41 609	15 800	inappréc.	7 200
13,5	inappréc.	14 300	13 600	»	6 400
6,8	»	inappréc.	inappréc.	»	200

(1) Voy. *Comptes rendus*, 20 avril 1903 et 26 septembre 1904.

La première colonne contient les valeurs approximatives du champ maximum, calculé en multipliant la valeur efficace par $\sqrt{2}$ (hypothèse sinusoïdale).

Comme on le voit, la perte par hystérésis reste faible jusqu'à des champs relativement élevés. Ce fait peut être expliqué par la dureté des fils, résultant de l'écrouissage à la filière. Cette dureté aurait pour effet de déplacer le maximum de la perméabilité du côté des champs élevés. Peut-être convient-il de faire intervenir également la viscosité magnétique, la magnétisation ne pouvant suivre les fluctuations du champ magnétisant dans le cas des champs faibles.

3° Les trois aciers-nickel étudiés appartiennent au groupe des aciers dits *réversibles*; cependant l'acier à 27 pour 100 se rapproche beaucoup du groupe des aciers irréversibles.

D'une façon générale, il y a analogie entre les courbes relatives au nickel et à l'acier 27 pour 100 d'une part; entre les courbes relatives au fer et aux aciers-nickel 36 pour 100 et 45 pour 100 d'autre part.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS CHIMIQUES — ÉLECTROMÉTALLURGIE

Grande médaille Lavoisier (¹). — Rapport présenté au nom du Comité des Arts chimiques, « pour l'attribution a **M. Héroult**, de la grande médaille Lavoisier », par **M. Baclé**, membre du Conseil.

Le Comité des Arts chimiques a mission cette année de vous soumettre ses propositions pour l'attribution de l'une des plus hautes récompenses que vous ayez à décerner : celle de la médaille Lavoisier, laquelle est réservée, d'après votre règlement, aux auteurs français ou étrangers dont les travaux ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'Industrie française. En vous demandant de vouloir bien ratifier son choix, j'ai l'honneur de vous présenter, en son nom, le rapport exposant les titres de M. Paul Héroult, le lauréat qu'il a désigné.

La métallurgie du fer et de l'acier a subi au cours de ces trente dernières années des modifications profondes qui ont eu leur répercussion marquée sur l'industrie tout entière, et, déjà à plusieurs reprises, nous avons eu l'occasion de signaler à votre attention les noms des principaux artisans auxquels nous devons les progrès ainsi réalisés.

C'est ainsi qu'en 1897, pour l'attribution de cette même médaille Lavoisier, notre Comité désignait à votre choix le nom de M. Osmond dont les belles recherches ont ouvert à la métallurgie de l'acier une voie nouvelle, en lui permettant en même temps de scruter la constitution intime du métal qu'elle élabore.

Aujourd'hui, l'électricité entre en scène, elle parait appelée à provoquer dans la métallurgie générale des transformations plus profondes encore. Par l'emploi des courants de grandes intensités, elle permet désormais d'obtenir des températures restées irréalisables auparavant, et grâce auxquelles elle peut maintenant préparer l'aluminium, par exemple, dans des conditions particulièrement économiques; obtenir même des alliages inconnus jusque-là, et aborder à son tour, pour la modifier encore, la fabrication de l'acier.

C'est donc bien une métallurgie nouvelle qui fait son apparition dans l'industrie. M. Héroult a joué un rôle particulièrement important parmi ceux qui l'ont créée, et son nom se trouvait ainsi immédiatement désigné pour la symboliser : le premier, en effet, il a réussi à préparer l'aluminium par la voie électrique; il a créé un type de four, universellement adopté aujourd'hui, pour l'application des courants électriques, il a réalisé enfin la préparation d'un grand nombre de produits nouveaux, ainsi que celle d'alliages métalliques exempts de carbone; et il aborde aujourd'hui la métallurgie du fer en préparant les aciers doux épurés.

M. Héroult (Paul-Louis-Toussaint), né à Thury-Harcourt (Calvados) le 10 avril 1863, fit ses études classiques en se préparant aux grandes écoles techniques, et il suivit même les cours de l'école préparatoire à l'École supérieure des Mines; mais des événements de famille l'empêchèrent de poursuivre ses études. L'état précaire de la santé de son père l'obligea, à son retour du volontariat en 1884, à entrer directement dans l'industrie, sans avoir pu conquérir le diplôme de l'école; il poursuivit alors avec une énergie nouvelle les études qu'il avait commencées déjà pour la préparation électrique de l'aluminium, et après de nombreuses tentatives infructueuses, sur lesquelles nous ne pouvons pas insister ici, il reconnut d'abord l'impossibilité d'obtenir ce métal par précipitation dans une solution aqueuse, et il arriva graduellement à l'idée de l'électrolyse par fusion ignée.

1° *Aluminium pur et Alliages.* — M. Héroult fit breveter en 1886 le procédé de préparation de l'aluminium par voie électrolytique, qui devait transformer complètement la métallurgie de ce métal.

Alors, en effet, celui-ci se fabriquait exclusivement, comme on sait, par le procédé dû à Sainte-Claire Deville, lequel comportait essentiellement l'emploi du sodium métallique appliqué à la réduction du chlorure double d'aluminium et de sodium; mais c'était là, du reste, un procédé évidemment fort coûteux, puisqu'il exigeait la préparation préalable de deux produits d'obtention fort difficile, comme le sodium et le chlorure double. Aussi, la fabrication industrielle de l'aluminium restait-elle fort limitée, et le prix de ce métal dépassait 100 fr le kg.

Au moment où M. Héroult entreprit ses recherches, les connaissances que nous possédions sur l'électrolyse ignée étaient encore bien rudimentaires, et tout était à créer.

Il fallait, en effet, découvrir l'électrolyte convenable, trouver en même temps le moyen de le régénérer d'une façon continue, maintenant la conductibilité constante, et déterminer à cet effet la nature de l'anode, en donnant au courant les caractéristiques les plus convenables, etc.

Ajoutons encore que les composés halogènes de l'aluminium ne sont pas conducteurs de l'électricité quand ils sont purs, et c'est là, du reste, la difficulté devant laquelle s'arrêtèrent les premiers expérimentateurs, comme Bunsen et Sainte-Claire Deville.

Une observation particulièrement sagace mit M. Héroult sur la voie de la solution cherchée.

Opérant sur un bain de cryolithe fondue, il remarqua que le courant passait bien, et que l'anode en charbon se trouvait attaquée lorsque la cryolithe était impure; il en conclut immédiatement qu'il se produisait dans le bain une décomposition interne donnant un dégagement d'oxygène, et il se trouva amené ainsi à ajouter de l'alumine dans le bain.

Il eut la satisfaction de voir qu'elle s'y dissolvait facilement en donnant en outre au bain une conductibilité qu'il n'avait pas. Dès lors, il disposait d'un électrolyte permettant d'obtenir directement des culots d'aluminium fondu, et le brevet du 23 avril 1886 revendique effectivement l'électrolyse de l'alu-

(¹) Cette médaille a été décernée à la séance générale du 23 décembre 1904.

mine dissoute dans la cryolithe en fusion. Un second brevet, en date du 15 avril 1887, vint compléter celui-ci en appliquant la même méthode d'électrolyse à la préparation des alliages d'aluminium. Ces deux brevets contiennent la substance du procédé encore universellement appliqué aujourd'hui à la préparation de l'aluminium et de ses alliages, et les seuls perfectionnements dont il a été l'objet, depuis lors, portent sur des questions de détail et sur les tours de main que révèle la pratique journalière.

En réduisant le prix de ce métal dans des proportions inespérées, le procédé Héroult a donné à cette industrie le développement merveilleux auquel nous assistons aujourd'hui.

Nous voyons, en effet, qu'en 1890 le prix de l'aluminium-métal, préparé dans les usines de Neuhausen, d'après les procédés de M. Héroult, était déjà ramené à 35 fr le kg, mais il subit presque aussitôt des réductions rapides et importantes.

En 1892, il était abaissé à 6 fr le kg, en 1897 à 3,10 fr, en 1901 à 2,50 fr, et la production présentait de son côté un développement plus rapide encore.

En 1892, elle atteignait en effet, d'après les statistiques, 487 030 kg, dont 237 395 pour les usines établies en Suisse et 75 000 pour la France. En 1902, cette production était déjà 18 fois plus forte, car elle atteignait, en effet, 8 112 000 kg, dont 2 500 000 pour la Suisse et 1 700 000 pour la France.

En tenant compte des industries annexes qui se rattachent à la métallurgie de l'aluminium, comme celles qui ont pour but la préparation de l'alumine, des électrodes en charbon, etc., on peut dire qu'aujourd'hui l'élaboration de ce métal n'occupe pas moins de 5000 à 6000 ouvriers, et l'outillage dont les producteurs disposent actuellement leur permettrait, sans difficulté, de doubler et même de tripler rapidement la fabrication totale, s'il était nécessaire.

2° *Four électrique.* — En même temps qu'il créait ainsi le procédé de préparation de l'aluminium par l'électrolyse, M. Héroult réalisait en outre l'appareil qui devait devenir l'engin essentiel de la métallurgie électrique et qui devait servir, non seulement à la préparation de l'aluminium, mais même aussi à l'obtention de la plupart des alliages par voie d'électrolyse ignée.

Le four breveté le 8 décembre 1887, et qui est connu aujourd'hui sous le nom de four de Froges, ou four d'Héroult, peut être considéré, nous dit M. Minet, comme le premier four électrique véritablement industriel; il présente, en effet, une installation particulièrement robuste, avec des dispositions heureuses, qui en font un véritable appareil métallurgique, capable de supporter, sans interruption, des campagnes de plusieurs semaines.

En principe, ce four comporte une forte caisse métallique dont les parois intérieures sont revêtues de charbons agglomérés servant de cathode et qui est pourvue, en outre, d'un trou de coulée destiné à permettre un travail continu, comme dans le cas du cubilot.

L'électrode positive est formée d'une grosse tige de charbon de 30 à 40 centimètres de diamètre, elle est suspendue à une potence, par l'intermédiaire d'une pince à serrage appropriée, assurant le contact pour l'arrivée du courant. Cette électrode est mobile, et, sous l'action d'un mécanisme spécial qu'on peut même rendre automatique, elle peut s'abaisser ou se relever à volonté, de façon à permettre le réglage de l'arc obtenu, suivant la résistance que présente le bain au passage du courant.

Ajoutons, du reste, que l'appareil peut fonctionner également bien avec des courants alternatifs, comme avec des courants continus.

Les dispositions de ce four sont, ainsi que nous le disions, l'aboutissement de longues expériences poursuivies toujours avec le souci exclusif des besoins de la pratique; aussi, ce four a-t-il pu être appliqué, sans modifications essentielles, dans les usines de Froges et de la Praz, à la préparation par voie électrique d'un grand nombre d'alliages métalliques : tels sont par exemple, le bronze d'aluminium, le ferro-aluminium, le corindon artificiel, le carbure de calcium, le ferro-chrome, le ferro-silicium, le ferro-tungstène, etc. On peut dire, en un mot, que cet appareil convient particulièrement bien pour opérer la réduction et la fusion des minerais réfractaires.

3° *Métaux doux.* — Dans les débuts de la fabrication des alliages métalliques au four électrique, on obtenait toujours des produits tenant une proportion élevée de carbone due à la présence même des électrodes, et comme c'était là ensuite une difficulté pour l'application de la plupart de ces alliages dans la métallurgie, il était d'autant plus intéressant de trouver le moyen de se mettre à l'abri de cette influence des électrodes, et de réussir à préparer également par la voie électrique des métaux à faible teneur en carbure, dits métaux doux.

Sur les indications de M. Ch. Combes, M. Héroult s'attacha à l'étude de cette question, et dès 1899, il créa un type de four particulièrement bien approprié à cette fabrication.

Ce four est constitué avec des matières réfractaires, non conductrices, restant par conséquent en dehors de l'action du courant; celui-ci est amené par deux électrodes en charbon suspendues au-dessus du bain métallique en fusion, de façon à éviter tout contact direct. Les électrodes affleurent seulement, en effet, la surface du bain de laitier surnageant au-dessus de celui des alliages; le courant qui fournit la température nécessaire pour maintenir le métal en fusion est transmis par l'intermédiaire des laitiers fondus. Toutefois, les électrodes ne peuvent pas être attaquées par le bain; sous l'influence de la tension élevée du courant, l'arc jaillit en effet au bas de l'électrode en traversant le laitier, de façon à éviter tout contact. On peut vérifier à chaque instant l'existence des deux arcs au moyen de deux voltmètres placés en dérivation entre la cuve et les électrodes. On peut aussi commander le mouvement de descente des électrodes au moyen de régulateurs appropriés. Chacun de ces voltmètres commande l'électrode correspondante, et permet ainsi de maintenir, toujours constante, la tension de régime. Grâce à cette disposition qui fait l'objet du brevet du 19 mars 1900, on réussit à écarter complètement toute influence des électrodes sur la composition du bain. D'autre part, en dosant exactement le carbone de réduction provenant des matières employées, on peut fixer à volonté la teneur résultante, et obtenir, par exemple, des ferro-chromes ne renfermant pas plus de 1 à 4 pour 100 de carbone, et qui, à ce titre, sont principalement appréciés dans la métallurgie. On pourrait même descendre encore à des teneurs plus basses en ajoutant de l'oxyde de chrome pour assurer l'affinage.

Les recherches bibliographiques ultérieures ont montré, il est vrai, que cette disposition des électrodes dans le four n'est pas absolument nouvelle; cependant l'application qui en a été faite par M. Héroult conserve tout son caractère de nouveauté.

4° *Fonte et acier.* — Disposant ainsi d'une méthode de préparation des alliages en métal doux, non saturés de carbone, M. Héroult essaya, à son tour, d'aborder la fabrication de la fonte et de l'acier, et il poursuivit à ce sujet de nombreuses expériences dont la Compagnie de Froges n'hésita pas à supporter les dépenses, si bien que les procédés de métallurgie électrique du fer, auxquels ses recherches vinrent aboutir, sont généralement aussi désignés aujourd'hui sous les noms de Froges et de M. Héroult, pour rappeler ainsi la part qui revient aux deux collaborateurs, dans les résultats obtenus.

M. Héroult se proposa d'abord de tirer un parti plus complet de la combustion du carbone servant à la réduction des minerais, dans la préparation de la fonte, et il s'attacha à cet effet à transformer complètement tout le combustible en acide carbonique, en utilisant dans l'appareil lui-même les

hautes températures ainsi obtenues, de façon que le courant électrique n'ait à fournir qu'un simple appoint.

Cette idée ingénieuse est réalisée dans le four économiseur faisant l'objet du brevet du 13 novembre 1900, lequel est disposé de façon que les matières à traiter soient échauffées par les chaleurs perdues; elles se trouvent ainsi déjà portées à une haute température, au moment où elles viennent se mélanger avec le charbon réducteur, en pénétrant dans le creuset électrique, où s'effectue la réaction.

Ce creuset est d'ailleurs percé de deux trous de coulée différents, servant l'un à l'écoulement des laitiers, et l'autre à celui de la fonte produite, ce qui permet ainsi d'assurer la continuité du travail.

Dans un autre dispositif faisant l'objet du brevet du 12 février 1902, M. Héroult fait tomber le coke employé dans une colonne verticale disposée directement au-dessus du creuset, tandis que les matières à traiter sont amenées par une trémie latérale, où elles sont échauffées par le gaz de combustion, et il utilise la colonne de coke elle-même, pour en faire l'une des deux électrodes d'amenée du courant, l'autre étant toujours formée par la cuve en charbon du creuset; il constitue ainsi ce qu'il appelle le four électrique à électrodes coulantes, permettant effectivement de réduire beaucoup la dépense des électrodes habituelles.

Pour l'affinage de la fonte, M. Héroult a imaginé, d'autre part, un four oscillant spé ial, faisant l'objet de son brevet du 1er février 1901, lequel reproduit, en principe, les traits caractéristiques de la cornue Bessemer, et peut servir, d'ailleurs, pour la mise en application de ce procédé de préparation de l'acier, même avec des fontes de toute nature.

Lorsqu'on opère, en effet, sur des fontes quelconques, ne renfermant ni phosphore ni silicium, la chaleur nécessaire à la réaction est fournie par le courant électrique arrivant par deux électrodes verticales, en charbon, disposées dans des conditions analogues à celles que nous avons indiquées précédemment. Ces électrodes sont suspendues à une double potence à laquelle elles sont rattachées par des colliers de serrage appropriés. Elles peuvent d'ailleurs se déplacer verticalement, suivant les besoins, de façon à se trouver complètement dégagées au moment où la cuve est basculée pour la coulée du métal.

Ce four peut recevoir, d'ailleurs, les applications les plus variées, il permet, en effet, d'affiner et d'épurer la fonte, et même de recarburer le métal, car il est possible de modifier, suivant les besoins, la composition de l'atmosphère du bain métallique, en la rendant, à volonté, oxydante ou réductrice.

Dans de pareilles conditions, il devient possible d'obtenir des aciers dont la teneur en carbone soit fixée rigoureusement à l'avance. M. Héroult a même imaginé, à cet effet, de constituer de toutes pièces un carbure de fer physique ou artificiel, à teneur élevée en carbone, dénommé par lui *carburite*, qu'il incorpore dans le bain, suivant des proportions déterminées à l'avance. Ce produit présente d'ailleurs une densité suffisante, pour traverser la couche de laitier, lorsqu'il est projeté dans le bain métallique, et il entre ainsi en contact avec le métal fondu qui le dissout intégralement.

D'après la description donnée au brevet du 25 avril 1902, on prépare la carburite en mélangeant, à parties égales, des limailles ou copeaux de fer, fonte ou acier, avec du charbon de pureté convenable; et ajoutant, s'il est nécessaire, la quantité voulue d'un agglomérant approprié, comme le brai par exemple. Le tout est pressé et bien cuit, de façon à former des blocs bien denses et solides, pouvant être chauffés avant l'introduction dans le bain, et traverser la couche de laitier sans se briser.

Poursuivant enfin ses études sur la préparation électrique de l'acier, M. Héroult est arrivé à constituer une méthode de traitement, particulièrement intéressante, en ce qu'elle peut s'appliquer aux fontes courantes, tenant des proportions élevées de soufre et de phosphore, et les épurer d'une façon complète, de manière à en tirer des aciers fins, pouvant rivaliser avec ceux qu'on obtient au creuset.

Cette méthode nouvelle qui est appelée à un grand avenir, si elle donne effectivement, au point de vue économique, les résultats revendiqués, consiste essentiellement à scinder en deux parties bien distinctes les opérations diverses que comportent l'affinage de la fonte et la transformation en acier.

Les premières opérations, qui sont toutes par réactions oxydantes, sont effectuées dans un four métallurgique habituel chauffé dans les conditions ordinaires, sans l'intervention du courant; mais l'opération finale qui a pour but de ramener au point le métal suroxydé, provenant du traitement antérieur, est seule effectuée au four électrique, ce qui ramène ainsi au strict minimum la dépense correspondante.

Si on opère par exemple au Bessemer basique, ou même au four à sole pour le traitement des fontes phosphoreuses, on s'attache intentionnellement à pousser dans cet appareil l'oxydation à un degré beaucoup plus avancé qu'on ne le fait dans le traitement ordinaire, de façon à pouvoir éliminer toutes les impuretés contenues dans la fonte traitée, et on obtient ainsi, effectivement, un métal dont la teneur, en matières étrangères, peut être réduite à de simples traces. Au sortir du four, le métal liquide est versé dans le creuset électrique, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une poche, et il y subit la dernière partie du traitement, résultant de la désoxydation dans une atmosphère réductrice, avec l'addition des corps étrangers qu'il peut être utile d'y incorporer, tels que manganèse, silicium, nickel, tungstène, vanadium, molybdène, aluminium, etc.

En même temps, le courant électrique entretient dans le creuset la température nécessaire pour maintenir le métal en fusion, et permettre de le couler dans des conditions satisfaisantes.

Finalement, on obient ainsi un métal tout à fait exempt d'impuretés, comme nous le disions plus haut, et, en fait, la teneur en phosphore se trouve ainsi ramenée à des valeurs comprises entre 5 et 15 cent-millièmes, tandis que le traitement habituel des fontes phosphoreuses ne permet généralement pas de descendre au-dessous de 5 à 3 dix-millièmes.

Il en est de même pour la teneur en soufre qui s'abaisse aussi à 1 ou 2 cent-millièmes.

Quant à la teneur en carbone, elle peut être fixée à volonté, et même précisée à l'avance, comme nous le disions plus haut.

Le métal ainsi obtenu présente d'ailleurs des propriétés mécaniques particulièrement remarquables, permettant de le rapprocher des aciers fins de bonne qualité. Nous reproduisons du reste, dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus dans une série d'essais à la traction effectués aux forges de Couzon, sur des éprouvettes détachées d'un lingot ainsi préparé, lesquelles ont été ensuite trempées et recuites, dans les conditions de température indiquées au tableau de la page suivante.

On reconnaîtra, en l'examinant, que les différentes caractéristiques de l'essai à la traction ont présenté des valeurs particulièrement remarquables, suivant les cas considérés.

La limite élastique a varié, en effet, de 46 à 100 kg : mm² pendant que la charge de rupture variait parallèlement de 66,8 à 118 kg : mm², et l'allongement mesuré sur 100 millimètres qui était de 15 pour 100 dans le premier cas, atteignait encore 8 pour 100 dans le dernier.

Quant à la striction représentée par l'expression $\frac{s. - s'.}{s}$ elle a présenté les valeurs respectives de 0,31 et 0,34 dans les deux cas considérés.

Il y a là, comme on le voit par ce rapide exposé, des faits particulièrement intéressants, montrant que dans l'avenir l'emploi du courant électrique peut exercer son influence marquée dans la métallurgie du fer elle-même, comme il le

fait déjà pour un grand nombre d'autres métaux, et, dès lors, il n'est pas étonnant que l'importance des résultats déjà obtenus, aussi bien que celle des progrès qu'il est possible d'entrevoir encore, ait attiré, même à l'étranger, l'attention des Sociétés techniques sur le nom de M. Héroult qui en a été le principal artisan, et il a reçu effectivement, il y a deux ans environ, de l'Université d'Aix-la-Chapelle, le titre de Docteur ingénieur, *honoris causa*, de la section d'électro-métallurgie.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES ÉTABLISSEMENTS ARBEL

FORGES DE COUZON

Essais faits sur le lingot n° 255 fourni par la Société électro-métallurgique française à la Praz (mai 1903).

DÉSIGNATION DE LA PRISE D'ESSAI.	DIMENSION DE L'ÉPROUVETTE AVANT RUPTURE.	SECTION AVANT RUPTURE.	LIMITE ÉLASTIQUE EN KG : MM².	CHARGE DE RUPTURE		LONGUEUR DE LA PARTIE CONSIDÉRÉE EN MM.	ALLONGEMENT EN CENTIÈMES.	STRICTION $\frac{s.-s'.}{s.}$	OBSERVATIONS. CASSURE.
				TOTALE EN KG.	EN KG PAR MM².				
1. Éprouvette recuite à 900°	13,8	149,6	46	10 000	66,8	109	15	0,31	
2. Éprouvettes trempées à 900° à l'eau froide et recuites à 700°	13,8	149,6	83	14 100	94,5	—	8,5	0,345	B.
2. Éprouvettes trempées à 900° à l'eau froide et recuites à 700°	13,8	149,6	77	13 500	90	—	9	0,415	*Ab.*
3. Éprouvettes trempées à 900° à l'eau froide et recuites à 650°	13,8	149,6	87	13 600	91	—	10	0,43	*Ab* avec fraise.
3. Éprouvettes trempées à 900° à l'eau froide et recuites à 650°	13,8	149,6	75	12 400	83	—	11	0,43	*Ab* avec fraise.
4. Éprouvettes trempées à 900° dans l'eau à 65° et recuites à 500°	13,85	150,5	109	16 800	111	—	9,5	0,31	*Ab.* »
4. Éprouvettes trempées à 900° dans l'eau à 65° et recuites à 500°	13,8	149,6	100	17 600	118	—	8	0,30	*Ab.* »

Il appartenait par conséquent à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale de constater, à son tour, l'intérêt des travaux de notre compatriote, en lui décernant la médaille que votre Comité des Arts chimiques propose de lui attribuer, et nous ne doutons pas que votre décision ne soit accueillie avec faveur par tous les métallurgistes, car ils savent comme nous la grande influence que les travaux de notre lauréat ont exercée et exerceront encore sur les progrès et le développement de leur industrie.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

346 940. — **Société Arnold Magnetic Clutch C°.** — *Appareils à courants alternatifs pour la transmission de la force motrice* (16 août 1904).

347 026. — **Farcot frères.** — *Disposition d'alternateurs à pôles alternés et à bobines inductrices et induites fixes* (12 octobre 1904).

346 926. — **Société l'Éclairage électrique du secteur de la place Clichy.** — *Perfectionnements aux compteurs d'énergie électrique* (11 octobre 1904).

346 935. — **Geyer.** — *Commutateur-collecteur pour compteur d'électricité* (1er août 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

L'Éclairage électrique. — Les actionnaires de cette Société se sont réunis le 2 décembre dernier en Assemblée générale ordinaire pour prendre connaissance des comptes afférents à l'exercice 1903-1904.

Le rapport dont M. Robard, administrateur délégué, a donné lecture fait ressortir une légère amélioration dans les résultats, amélioration due à la reprise relative des affaires d'électricité.

Le chiffre des factures faites dans le cours de l'année sociale écoulée s'est élevé à 3 293 944,07 fr, atteignant ainsi le niveau de celui réalisé dans l'exercice 1899-1900, époque la plus prospère de la Société.

Les bénéfices bruts se sont élevés à	1 106 130 fr.
Et les dépenses de toutes natures à	758 117
Laissant un bénéfice net de	348 013

La comparaison des résultats obtenus dans les divers exercices s'établit comme suit :

Exercices.	Bénéfices bruts.	Dépenses totales.	Bénéfices nets.
1899-1900	917 434	597 030	320 404
1900-1901	906 013	595 348	310 765
1901-1902	858 763	577 049	281 714
1902-1903	939 562	674 371	265 191
1903-1904	1 106 130	758 117	348 013

Il résulte de l'examen de ce tableau que, si la crise industrielle, commencée aussitôt après l'Exposition universelle de 1900, a été importante, elle paraît maintenant passée ou tout au moins atténuée, car les affaires de la Société semblent reprendre progressivement.

Pour arriver à ces résultats, il a fallu que le Conseil et la Direction se mettent à étudier et à exploiter des spécialités nouvelles ou tirer encore un meilleur parti des anciennes. De ce fait, les services techniques et commerciaux ont dû être notablement développés et les dépenses totales s'en sont naturellement accrues.

Pendant l'exercice 1903-1904, la Société a été chargée de la production et de la distribution de l'énergie électrique à Digne ainsi qu'à Tiaret (Algérie).

Elle a renouvelé pour trois années son contrat avec la Société des Forces Motrices du Rhône pour la fourniture exclusive des transformateurs dont cette Société avait besoin pendant ce laps de temps.

Elle a installé un premier alternateur de 675 poncelets à l'usine de la Compagnie du Secteur de la Rive Gauche et à la suite des essais sur cette machine, elle a obtenu de cette Compagnie la commande de quatre autres alternateurs semblables.

Pour le compte de la Société lilloise d'Éclairage électrique, elle a construit et installé une nouvelle génératrice de 900 poncelets.

Elle a été déclarée adjudicataire des travaux et du matériel pour l'usine de Créosotage de Ploesci (Roumanie) et pour les ateliers de la Pyrotechnie de Bucarest.

De concert avec la maison Delaunay-Belleville, la Société de l'Éclairage électrique a pris part à l'Exposition de Saint-Louis en exposant un groupe électrogène triphasé de 920 kw. Cette participation, dans l'esprit du Conseil, avait eu pour but de faire mieux connaître le matériel de la Société aux visiteurs sud-américains.

Le groupe électrogène en question a servi à alimenter une partie du réseau de distribution d'énergie à l'Exposition. Il a fait décerner à la Société un grand prix.

Les dynamos, alternateurs et transformateurs qui ont été livrés pendant l'exercice 1903-1904 représentent 25 000 kw, tant en courant continu qu'en courants alternatifs.

Le Conseil regrette que les exportations de la Société, bien que s'élevant à un chiffre satisfaisant, n'aient pu prendre tout l'essor désirable; cela tiendrait à ce que la clientèle étrangère cherche dans ses constructeurs de véritables banquiers lui donnant toutes facilités pour les paiements. Comme les ressources financières de la Société sont moins étendues que celles dont disposent ses concurrents allemands ou suisses, il en résulte que ses exportations se trouvent ainsi limitées, au moins pour le moment. Cette constatation, d'ailleurs, n'est pas particulière à la Société l'Éclairage électrique, elle est certainement applicable à nombre de constructeurs français.

Voici maintenant comment s'établit la situation financière de la Société.

BILAN AU 30 JUIN 1904

Actif.

Immeuble rue de Crimée	150 000,00 fr.
Immeuble rue Lecourbe, n° 250	417 286,95
Immeuble rue Lecourbe, n° 364	1 243 795,52
Brevets	200 000,00
Mobilier	29 169,98
Outillage	1 094 891,44
Prime de remboursement sur obligations	46 448,65
Cautionnements	21 155,25
Portefeuille	211 383,50
Créances litigieuses	31 342,15
Marchandises	1 840 074,67
Effets à recevoir	478 952,30
Débiteurs divers	504 909,05
Caisse et banquiers	79 298,35
Total	6 348 687,81 fr.

Passif.

Capital	4 000 000,00 fr.
Réserve statutaire	116 986,93
Réserve extraordinaire	317 369,44
Réserve pour créances douteuses	474,32
Obligations amorties (réserve)	24 500,00
Obligations	503 000,00
Intérêts et dividendes coupons 11, 12, 13, 14 et 15	58 516,90
Coupons d'obligations	2 049,70
Coupons de parts de fondateurs	1 212,20
Créditeurs divers	953 470,75
Obligations sorties à rembourser	3 990,15
Loyers d'avance	3 125,00
Solde de l'exercice précédent	15 980,23
Solde de l'exercice 1903-1904	348 012,19
Total	6 348 687,81 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Recettes.

Produit de la construction du matériel	954 485,70 fr.
Produit des installations	79 434,74
Produit de la fabrication des bougies	8 795,55
Intérêts divers	6 958,18
Escompte et rabais	28 700,87
Solde coupon n° 10 périmé	6 617,58
Droits de transmission et impôts sur revenu	965,45
Produits des immeubles	20 174,05
Total	1 106 130,10 fr

Dépenses.

Coupons 9 et 10 des obligations	20 160,00 fr.
Réserve pour amortissement d'obligations	9 077,00
Amortissement de la prime de remboursement	925,00
Au Conseil d'administration	20 000,00
Au Commissaire des comptes	1 000,00
Appointements et dépenses diverses :	
Services commerciaux et administratifs	206 639,30
Service des ateliers	453 544,20
Impôts divers	13 790,05
Droits de timbre	5 645,18
Publicité et brevets	8 564,85
Assurances incendie et ouvrières	18 774,33
Solde	348 012,19
Total	1 106 130,10 fr.

Aucun actionnaire n'ayant demandé la parole, M. le président mit aux voix les résolutions suivantes qui furent toutes adoptées.

Première résolution. — L'Assemblée générale ordinaire des actionnaires, réunie le 2 décembre 1904, au siège social, 27, rue de Rome, après avoir pris connaissance du rapport et des comptes présentés par le Conseil d'administration, ainsi que du rapport du commissaire, approuve les comptes de l'exercice 1903-1904, tels qu'ils sont présentés.

Deuxième résolution. — L'Assemblée décide que la somme de 162 670,04 fr formant le solde disponible du compte Profits et Pertes, augmentée du report à nouveau de l'exercice précédent, 15 980,23 fr, sera répartie de la manière suivante :

A la réserve légale 5 pour 100 sur 162670,04 fr	8 133,50 fr.
Intérêt de 4 pour 100 au capital-actions	160 000,00
Report à nouveau	10 516,77

Ce dividende sera payé à la Compagnie algérienne, 11, rue des Capucines, à partir du 2 avril prochain, à raison de 20 fr bruts par action, soit net, 19,20 fr pour les actions nominatives, 18,45 fr pour les actions au porteur, coupon n° 16.

Troisième résolution. — L'Assemblée réélit MM. Fabry, Carimentrand, Voillaume et Abadie, administrateurs pour 3 ans.

Quatrième résolution. — L'Assemblée nomme M. Nivoit, commissaire des comptes pour l'exercice en cours, et fixe à 1000 fr le montant de sa rémunération, et M. Malézieu, commissaire adjoint, sans rémunération spéciale.

Cinquième résolution. — L'Assemblée générale accorde aux administrateurs, en tant que besoin sera, l'autorisation de passer avec la société des marchés ou de traiter avec elle des affaires qui peuvent l'intéresser.

Téléphones de l'Industrie électrique :

RÉDACTION : **N° 812-89.**

ADMINISTRATION **N° 704-23.** **N° 704-44.**

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

54 599. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

14e Année. — N° 317. 10 Mars 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION — É. HOSPITALIER, 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89

ABONNEMENTS — Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.

ADMINISTRATION — 9, rue de Fleurus, 9, Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

Téléphones de l'Industrie électrique :

Rédaction . Nos **812-89.**

Administration : Nos **704-44.**

INFORMATIONS

Le monophone. — Cet appareil, construit par la Société des Téléphones, appartient à la catégorie des *microtéléphones* ou *appareils combinés*, c'est-à-dire de ceux dans lesquels le *transmetteur* (ou *microphone*) et le *récepteur* (ou *écouteur*) sont fixés à une poignée unique, reliée, par un cordon souple de longueur convenable, au socle ou à l'applique qui contient le commutateur, les organes d'appel et, s'il y a lieu, la bobine d'induction.

Il y aura bientôt vingt ans que le premier microtéléphone fut mis à la disposition du public français et, depuis cette époque, de nombreux types d'appareils combinés furent construits, dans lesquels, à part la diversité des microphones et des récepteurs employés, la disposition générale restait celle du début, avec ses avantages, dont le principal est leur grande mobilité, et ses inconvénients, dont le plus grave est leur caractère fort peu hygiénique.

Dans tous ces appareils, en effet, et même dans les postes à microphone fixe, la personne qui parle a, en face de la bouche, un cornet ou une plaque, qui sont destinés à recueillir les sons émis, mais qui, malheureusement, recueillent en même temps les particules de salive et la vapeur d'eau, plus ou moins saturées d'impuretés, de la respiration.

Qui peut dire de quelles contagions l'usage du téléphone n'a pas été la cause, grâce à ces dangereux réceptacles de microbes? Au contraire, le *monophone* semble, par sa disposition même, éviter absolument ce grave danger.

Le récepteur s'applique contre l'oreille; rien ne le distingue des récepteurs ordinaires, sinon que son boitier, agrandi en profondeur, contient également un microphone très puissant, composé de deux membranes entre lesquelles se trouve la grenaille de charbon.

Ce microphone reçoit les sons simultanément sur ses deux faces grâce à un cornet qui sert en même temps de poignée à l'ensemble de l'appareil, et dont l'orifice arrive tout au plus, lorsque le récepteur est à l'oreille, à hauteur des lèvres, mais *latéralement*, de telle sorte qu'il se trouve rigoureusement en dehors de ce que nous pourrions appeler... la zone dangereuse.

La puissance de transmission est considérable, car le microphone employé est d'une extrême sensibilité; il est même probable qu'un pareil degré de sensibilité n'est possible que grâce à l'interposition, entre le centre d'émission des sons et les plaques vibrantes, d'une colonne d'air qui fait l'office d'amortisseur.

Aussi cet appareil est à la fois extrêmement puissant, très léger, peu encombrant et par-dessus tout hygiénique. Il réalise donc, à ces divers titres, un sérieux progrès en téléphonie.

Le travail à l'américaine. — Nous livrons aux méditations de nos industriels les lignes suivantes extraites d'une communication récente de M. Gustave Richard à la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale en France*.

« La supériorité des Américains dans la plupart des industries mécaniques est actuellement reconnue; des circonstances économiques exceptionnellement favorables et la perfection de leur outillage leur a permis de prendre une avance considérable dans presque toutes les branches de la construction mécanique; mais, à ces causes, que tout le monde connaît, il faut ajouter l'organisation même de l'atelier, la manière dont on sait se servir de cet outillage perfectionné et des ouvriers qui le mettent en œuvre. Il y aurait à écrire, sur cette organisation, tout un ouvrage; je me bornerai à attirer aujourd'hui votre attention sur une communication que vient de faire, à l'*Institution of Mechanical Engineers* de Londres, M. L. Gimson et intitulée : *Impressions sur les ateliers américains*.

« D'après M. Gimson, aux États-Unis, la règle générale est que chaque ouvrier se consacre entièrement à la conduite de la machine dont il a la charge; il ne s'occupe jamais de l'entretien des outils qu'il y emploie, ni de l'outillage nécessaire à l'exécution rapide et précise des objets qu'il y travaille : c'est à l'outillerie de lui fournir ces accessoires, ou montages, et des outils constamment en bon état. C'est au contremaître seul de surveiller l'exécution du travail, sans aucune intervention du bureau de dessin dans l'atelier même; mais c'est souvent ce bureau seul qui définit et combine d'avance tout le détail de l'exécution d'une machine à construire, la manière de travailler chaque pièce en série, et le temps à y consacrer. Ces temps, fixés par des hommes dont la compétence est reconnue, ne soulèvent aucune difficulté de la part des ouvriers. On récompense très libéralement ceux qui gagnent sur ces temps, et l'on est impitoyable pour ceux qui ne peuvent les suivre. Tout est mis en œuvre pour stimuler l'activité et l'habileté de l'ouvrier. On admet, sans discussion, que l'ouvrier habile et diligent gagne plus, et beaucoup plus, que son camarade inhabile ou paresseux. Jamais, d'autre part, l'ouvrier ne s'oppose à l'introduction des machines les plus perfectionnées, et l'on arrive ainsi à une parfaite utilisation du temps et de la valeur personnelle de chaque ouvrier. Ce qui fait, d'après M. Gimson, la supériorité des Américains, ce n'est pas la supériorité moyenne de leurs ouvriers mais « la meilleure utilisation de leur zèle et de leur habileté ».

« En un mot, aux États-Unis, l'ouvrier est, par des systèmes divers de comptabilité d'ateliers, payé, en principe, proportionnellement aux services qu'il rend, c'est-à-dire à sa valeur individuelle, que la perfection et la spécialisation des machines utilisent au mieux, et non d'après une taxe uniforme, égalitaire et déprimante; le résultat est que l'ouvrier mécanicien américain, de beaucoup le mieux payé de tous, est, en même temps, celui qui produit le mieux et à meilleur marché ».

On voit qu'en Amérique, on n'établit pas de confusion entre l'égalité des salaires et leur proportionnalité au travail accompli. Que doivent penser nos bons collectivistes d'une conception si simple et si rationnelle d'un des principaux éléments de la question ouvrière?

L'exposition d'automobiles de Berlin. — M. Muller donne dans la *Centralblatt für Accumulatoren-Technik*, les renseignements suivants sur les électromobiles et les batteries de traction exposées. Les constructeurs ayant exposé sont : pour l'Allemagne au nombre de 4; pour la France 4; pour l'Autriche 1, ainsi que pour l'Amérique.

Un des exposants allemands exploite les procédés Kriéger, dont la Société française exposait également. Deux autres exposants allemands sont d'anciennes Sociétés; comme nouvel exposant, il faut citer la Compagnie des Accumulateurs de Cologne (Gotfried Hagen), qui exposait notamment une batterie du type Jungner.

La Compagnie générale des Accumulateurs (système Tudor) exposait également des batteries légères d'une énergie massique de 30 w-h : kg.

Parmi les batteries exposées par la Société de Cologne, on remarquait le type W, ayant une énergie massique de 20 w-h : kg, le type « W extra », ayant une énergie massique de 30 w-h : kg; la durée de cette batterie est garantie de 100 décharges complètes. Une autre batterie, dont la durée est garantie pour une période égale à une capacité de 34 w-h : kg pour une décharge en 3 h. 30 m., c'est donc une batterie destinée à une voiture relativement rapide.

Une exposition intéressante était celle de la Société Ziegenberg, qui exposait une voiture de 1700 kg, ayant accompli un parcours de 322 km, avec une batterie Ziegenberg de 700 kg (pour une batterie de 350 kg le parcours serait de 200 km, d'après les indications de la Société). Cette Société exposait en outre 2 batteries d'accumulateurs du type Ziegenberg. C'est un accumulateur zinc-plomb; dans les batteries exposées, qui ne se distinguaient entre elles que par la construction des dispositifs de contact, chaque élément avait 5 plaques à grillage au plomb, et 6 plaques de zinc. Les queues des plaques sont serrées entre des ressorts de contact en maillechort. D'après une patente anglaise de Ziegenberg, il est indiqué que les plaques positives au plomb formées sont imprégnées d'abord d'acide sulfurique concentré et que l'on verse ensuite de l'eau pure comme électrolyte. Après la décharge, la batterie se prépare de nouveau en enlevant les plaques positives et en les chargeant comme celles d'un accumulateur ordinaire; les plaques négatives en zinc sont à renouveler chaque fois; il faut donc changer les 180 plaques d'une batterie et, quoique l'on arrive à une énergie massique de 50 à 60 w-h : kg, il n'est pas probable que ce système, déjà connu d'ailleurs, se répande beaucoup.

Le transport de l'énergie des chutes d'eau. — M. Campbell Swinton publie sur ce sujet dans l'*Electrical Review* un très intéressant article auquel nous empruntons les renseignements suivants. La première installation du transport électrique de l'énergie d'une chute d'eau fut réalisée en 1852 à Cragside (Northumberland, Angleterre); une turbine de 6 poncelets actionnait par courroie une dynamo Siemens à courant continu à 90 volts, qui alimentait un bâtiment situé à 1,5 km au moyen d'une canalisation à fil nu sur isolateur; le retour se faisait d'abord par la terre, puis on ajouta plus tard un fil de retour. M. Campbell donne le tableau suivant de la puissance transportée électriquement dans les divers pays.

	Chevaux.
États-Unis d'Amérique	527 467
Canada	228 225
Italie	210 000
France	161 343
Suisse	135 302
Allemagne	81 077
Suède	71 000
Mexique	18 470
Autriche	16 000
Angleterre	11 906
Russie	10 000
Indes	7 050
Japon	3 450
Afrique du Sud	2 100
Vénézuela	1 200
Brésil	800
Total	1 483 390

Cette statistique n'est pas complète, l'auteur n'a pu obtenir



tous les renseignements, il estime à 1,5 million de poncelets la puissance totale aménagée pour toute la terre. Si l'on admet que toutes ces installations travaillent en moyenne 12 heures par jour et qu'en moyenne il faille 1,8 kg de charbon pour fournir 1 poncelet-heure, cela revient à 5,8 tonnes de charbon pour 1 kilowatt-an ou 11,72 millions de tonnes pour une dépense annuelle correspondant à 1,5 million de poncelets, ceci correspond à peu près à 2 pour 100 de la production annuelle en charbon du monde entier.

La plus longue canalisation pour transport d'énergie est celle de la *California Gas and Electric C°*. La ligne aérienne, de 370 km de longueur, part de l'usine de Sabla et va à San Francisco en passant par Cordelia et Sausalito. La même Société a une ligne de 250 km, qui va de l'usine de Colgole à Oakland. De la même usine part une ligne de 235 km desservant San José près de San Francisco.

La tension employée en Amérique pour les transports à longue distance varie de 55 000 à 67 000 v. Le tableau suivant donne quelques indications à ce sujet.

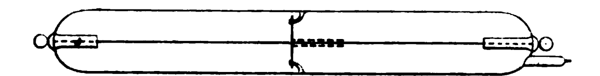
Désignation.	Poncelets.	Volts.	Longueur de la ligne aérienne en km.
Guanajuato (Mexique)	6 000	60 000	162
Spokane	9 000	60 000	176
Los Angelos	7 500	67 500	176
Piera C°	19 500	53 000	64
Mexico	»	60 000	176
Winnipeg	7 500	60 000	96
Canadian, Niagara	37 500	60 000	149
Ontario	»	60 000	149

L'installation d'Ontario pour 92 000 kw, emploie aussi une tension de 60 000 v. Les chutes de Cauvery, qui desservent les mines d'or de Mysore emploient une tension de 55 000 v, la distance de transport est de 147 km.

En Angleterre, la tension la plus élevée est de 40 000 v, elle est employée par le *Scotch Water Syndicate*, à Inverglas, la distance de transport est de 35 km.

Un nouvel oscillographe. — M. Wilson a établi que la surface d'illumination de la cathode d'un tube de Geissler, naturellement quand elle n'est pas entièrement illuminée, est proportionnelle à l'intensité du courant, et M. Gehrcke a basé un galvanomètre sur ce principe. M. Ernest Ruhmer donne, dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 9 février, la description d'un oscillographe basé sur le même principe.

Les deux électrodes ou les deux fils d'un tube de Geissler sont placés dans le prolongement l'un de l'autre. Leurs deux extrémités ne sont distantes que de 1 à 2 mm, et elles sont séparées par une plaque mince de verre ou de mica, fixée aux parois du tube. Cette plaque est assez grande pour



qu'il ne se forme pas d'arc. La surface d'illumination de chacune des électrodes, qui est alternativement cathode, varie à chaque instant comme le courant qui passe, c'est-à-dire proportionnellement à la tension. En faisant tourner synchroniquement un miroir, on peut donc suivre la variation de la tension, et on peut même obtenir la photographie de la partie éclairée, et le bord de cette photographie donne la courbe de la tension. Mais il y a lieu de remarquer que ces courbes présentent une solution de continuité, car le tube, ou plutôt la cathode, ne commence à s'illuminer que pour des tensions de 200 à 300 v, suivant le degré de vide de l'air contenu. On peut cependant arriver à obtenir une plus grande partie de la courbe en employant d'autre gaz que l'air et en faisant varier sa pression; il y a cependant toujours, près des points où le courant passe par zéro, une discontinuité plus ou moins grande de la courbe.

Préparation électrochimique de la pâte d'étain. — Cette pâte sert dans les arts décoratifs et pour argenter le papier.

Sa première préparation nous vient des Indes; les indigènes fondaient une masse d'étain, et lorsqu'elle était fondue, ils la versaient dans une boîte en bois, et secouaient fortement celle-ci; l'étain se convertissait en paillettes et en poudre. On séparait les particules les plus fines par simple précipitation de pesanteur dans l'eau; il n'y avait plus qu'à mélanger avec une solution étendue de colle.

Le second procédé fut un procédé chimique, il consistait à transformer l'étain en chlorure stanneux par action de l'acide chlorhydrique à chaud, puis à précipiter l'étain par le zinc : le procédé est défectueux sous plus d'un rapport, car il ne donne pas tout l'étain, il le donne dans un état partiellement mat, et il est accompagné d'un dégagement de vapeurs insalubres.

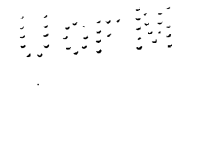
Le procédé électrochimique n'a aucun de ces inconvénients, et il offre en plus l'avantage de pouvoir fonctionner à la continue. Des anodes en étain sont dissoutes dans de l'acide chlorhydrique étendu, tandis que l'étain se dépose sur des cathodes de même métal. Comme le dépôt est spongieux, et de densité inférieure à celle de l'électrolyte parce qu'il renferme de l'hydrogène, on peut le détacher de la cathode, et il vient flotter à la surface de la solution, en sorte qu'on peut facilement le recueillir sans interrompre le courant. Le rendement n'est que de 50 pour 100, mais l'auteur du procédé remarque qu'il y a nécessité de faire se déposer de l'hydrogène en même temps que de l'étain, sinon ce dernier tend à prendre une forme cristalline.

Sur le prix de revient de la perforation électrique. — Le journal l'*Ingénieur des mines* anglais donne les renseignements suivants sur le prix de revient de la perforation, d'après les données de M. Walsch, ingénieur d'une mine dans la Colombie britannique. Les perforatrices étaient actionnées par des moteurs à courant continu d'environ 1 et 1,5 kw. En 10 heures avec 3 perforatrices on a pu percer des trous d'une longueur totale de 95 m dans la pierre dure. Le prix de revient a été pour l'énergie électrique de 11,25 fr, pour les matières lubréfiantes de 1,75 fr, pour les salaires de 60 fr (pour chaque machine un ouvrier et un aide); les frais totaux s'élèvent à une centaine de francs, beaucoup moindres qu'à la main.

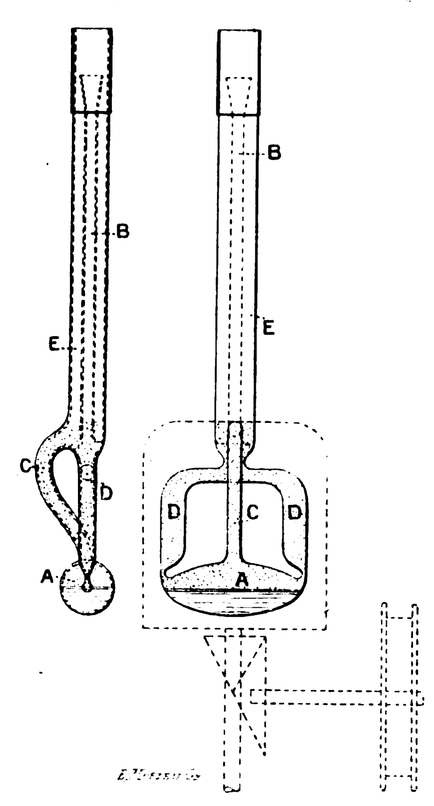
Des essais ultérieurs ont montré qu'un trou de 2,2 m de profondeur et 5 cm de diamètre peut être percé en 10 minutes avec une dépense de 940 w-h, ce qui donne environ 450 w-h par m de profondeur de trou. Les frais de production du courant se sont élevés à 0,50 fr par kw-h ou 21 centimes par m de profondeur de trou, contre 1,6 fr avec des perforatrices employant la vapeur ou l'air comprimé.

Tachymètre bifluide. — Il existe de nombreux types de tachymètres basés sur l'action de la force centrifuge; malheureusement, ces appareils sont presque tous munis de ressorts qui, à la longue, se fatiguent, et qui en outre ont besoin d'un graissage constant; l'appareil de MM. W.-E. Mouldsale et Cie, de Liverpool, ne présente pas cet inconvénient, car il est basé sur la force centrifuge et la différence de densité de deux fluides.

L'appareil disposé verticalement est constitué par une capacité de forme cylindrique A, qui communique par l'intermédiaire du tube C, avec un tube vertical fermé E; à l'intérieur de ce tube E, se trouve un second tube B, ouvert à sa partie supérieure, qui communique au moyen des tubes recourbés avec l'intérieur de la capacité A.



Dans la capacité A est mis un fluide de grande densité, dont le niveau atteint la ligne pointillée; au-dessus est placé un liquide coloré moins dense qui ne se mélange pas avec le fluide lourd : quand l'appareil est au repos, le liquide est au même niveau dans le tube intérieur B et dans le tube E qui l'enveloppe. Quand l'appareil tourne autour d'un axe vertical, sous l'action de la force centrifuge, le liquide dense est projeté vers l'extérieur, il fait monter le fluide léger dans les



tubes D, et par conséquent dans le tube B; en même temps, celui-ci baisse dans le tube E. Plus la vitesse de rotation est grande, plus le niveau du liquide est élevé dans le tube B; on peut donc, après étalonnage, lire la vitesse sur une graduation analogue à celle d'un thermomètre.

Le tube B étant ouvert à la partie supérieure, si l'on dépasse la vitesse de régime, le liquide coloré vient se déverser dans e tube E qui, lui, est hermétiquement fermé, et au repos le liquide reprend le même niveau dans les deux tubes.

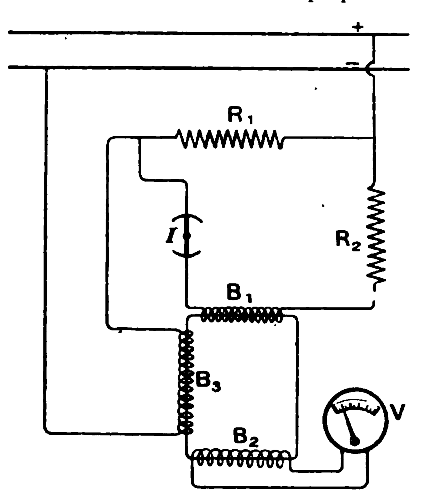
F. L.

Appareil électrique pour la mesure de la vitesse. — L'*Elektrische und Polytechnische Rundschau* du 1er février 1905 donne la description d'un appareil de la Société Lahmeyer et Cie, de Francfort, destiné à donner à chaque instant la vitesse d'une locomotive; il a été essayé sur une locomotive des chemins de fer royaux à Francfort-sur-le-Mein.

L'appareil est basé sur le principe suivant : quand on a une source de courant dont la tension est constante, et que l'on interrompt le courant passant dans une bobine de self-induction, l'intensité moyenne est d'autant moins élevée que les interruptions sont plus rapides; ce fait est dû à la self-induction.

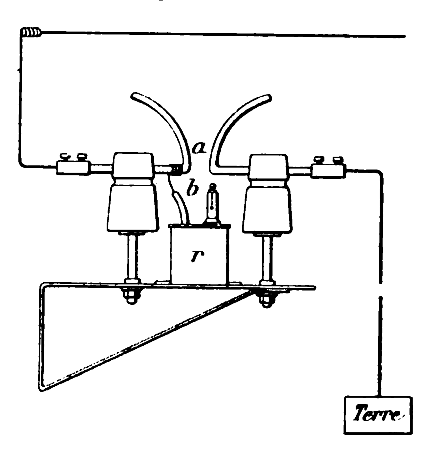
On peut mesurer la tension efficace dans le secondaire d'un transformateur dont le primaire est la bobine d'induction, parcourue par le courant interrompu.

Il faut naturellement faire en sorte que les indications de l'appareil soient indépendantes de la variation de la tension de la source du courant que l'on interrompt; on est arrivé à résoudre pratiquement cette condition en mettant des résistances dans les circuits, comme l'indique le schéma ci-joint. La bobine B_1 est la bobine de self-induction, dans le circuit de laquelle est placé l'interrupteur I; B_2 est la bobine secondaire du transformateur, dans le circuit de laquelle est branché le voltmètre V, dont les indications sont proportionnelles à la



fréquence des interruptions, c'est-à-dire à la vitesse angulaire de l'arbre qui actionne l'interrupteur I; lors des essais, c'était un essieu de tender. R_1 et R_2 sont deux résistances réglables, B_3, une bobine d'induction enroulée sur le transformateur, et dans laquelle circule du courant continu. Lors des essais, on a employé une batterie de 32 éléments donnant une tension moyenne de 60 volts; cette batterie était placée sur le tender, un des essieux de ce dernier actionnait l'interrupteur.

Nouveau limiteur de tension. — M. Seidner, secrétaire général de la Société électrotechnique autrichienne, chargé d'une mission en Allemagne, a décrit à cette Société le nou-



veau limiteur de tension système Zapf, construit par la Société des Câbles terrestres et marins de Cologne-Nipes, pour les lignes à haute tension. La figure ci-dessus donne le schéma de cet appareil qui comprend en première ligne un parafoudre ordinaire à antennes, dans lequel la distance explosive *a* est de la dimension ordinaire. On sait que l'on donne ordinairement à cette distance une longueur beaucoup plus grande que celle correspondant à la tension en ligne, principalement parce qu'il peut se produire une fusion des cornes, quand l'énergie électrique qui passe est importante, et qu'en outre on craint les insectes, la pluie, la neige, etc. Ainsi on adopte à peu près régulièrement pour des installations pour 6000 v des distances d'étincelles de 15 à 20 mm, qui correspondent à des

tensions de 20 000 à 30 000 v, tandis qu'elles devraient pouvoir fonctionner déjà à 7500 ou 9000 v.

Le dispositif de Zapf permet d'éloigner les antennes l'une de l'autre, et cependant d'avoir un fonctionnement sûr à des tensions relativement faibles; il place à proximité des cornes, distantes de *a*, une seconde distance explosive *b*, et mettant en série avec elle une résistance très grande *r*. Quand il se produit une surtension dans la canalisation, l'étincelle franchit la petite distance *b*; cette étincelle rend conducteur l'air environnant les cornes et une étincelle éclate entre celles-ci.

Bureaux de réception de lampes à incandescence. — Il vient de se fonder à Munich, sous la direction de M. Uppenborn, et à Zurich, sous celle de M. Wagner, des bureaux de réception des lampes à incandescence, appartenant aux syndicats des usines d'électricité. Les conditions de réception seront identiques à celles imposées par le bureau viennois, et que nous avons indiquées dans un récent numéro..

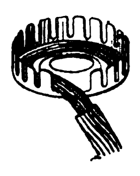
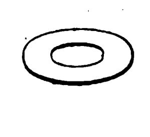
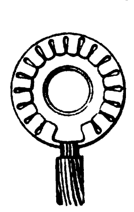
Appareils de levage utilisant l'attraction magnétique. — L'*International electrical Engineering C°*, qui s'occupe spécialement de la construction des grues et appareils de levage à commande électrique, destinés aux forges et aciéries américaines, vient de remplacer le crochet d'attache de ces appareils par un électro-aimant permettant de soulever des pièces de fer par attraction. Il paraît que l'on épargne par ce système beaucoup de temps; on n'a plus à fixer la pièce au crochet par des cordes, etc.; on épargne ainsi pour chaque manœuvre plusieurs secondes, ce qui permet, pour un travail donné, d'économiser le nombre de grues à installer.

Il est vrai que, par contre, on a une dépense supplémentaire d'énergie, mais elle n'est pas très importante : un électro destiné à porter 2,5 tonnes, nécessite une puissance d'environ 7500 watts.

La Compagnie internationale construit deux types de grues : dans les unes, il n'y a qu'un électro à l'extrémité de la chaîne, tandis que dans les autres, il y a un électro à chacune des extrémités d'une poutre attachée en son milieu à la chaîne. L'électro est formé de deux parties : l'électro proprement dit et son bâti qui l'entoure, le protège contre les détériorations et ferme le champ magnétique; l'ensemble a la forme d'une cloche.

Une cosse économique. — On sait combien il est difficile de relier des fils simples à des bornes sans les détériorer.

La cosse représentée ci-dessous, et fabriquée par MM. Ross et Courtney, de Londres, résout le problème d'une façon très

simple et que l'inspection de la figure suffit à expliquer. Le fil isolé dénudé sur une certaine longueur est enroulé dans le fond de la cuvette cylindrique en laiton à bords dentés : on applique une rondelle sur le fil et on rabat les dents de la cuvette sur la rondelle à l'aide d'un corps dur, ou simplement avec les doigts. Le fil est ainsi bien maintenu et fait avec la cosse un excellent contact, très simple et très économique.

Concours. — La section des sciences mathématiques de l'Académie des sciences de Vienne (Autriche) a ouvert un concours international. Un prix de 2000 fr sera décerné à l'auteur du meilleur travail donnant des indications nouvelles sur les phénomènes d'hystérésis dans les diélectriques. Les mémoires devront être adressés au bureau de l'Académie avant le 31 décembre 1906.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Beychac-et-Cailleau (Gironde). — *Traction électrique.* — Un décret du 4 août 1903 déclare d'utilité publique l'établissement d'une ligne de tramway entre Bordeaux et Beychac-et-Cailleau; mais un nouvel avant-projet ayant été présenté par MM. Ortal, ses fils et Lagueyte, rétrocessionnaires de ce tramway, en vue de substituer la traction électrique à la traction à vapeur primitivement prévue et d'établir les rails à l'écartement normal de 1,44 m, M. le Préfet de la Gironde vient de prendre un arrêté ouvrant une enquête d'utilité publique dans les cantons de Bordeaux et du Carbon-Blanc, sur cet avant-projet.

Douai. — *Distribution d'énergie électrique.* — Selon une convention intervenue entre la Ville et la Compagnie du gaz, celle-ci est tenue d'établir avant le 25 juin prochain un réseau initial électrique qui doit desservir les rues de l'Université, des Minimes, de la Mairie, Bellain, Madeleine, Saint-Jacques et Morel.

Lesparre. — *Éclairage.* — Il paraîtrait que cette charmante station balnéaire, toujours en quête de progrès, vient de concéder pour trente années la concession de l'éclairage électrique à un entrepreneur de Paris.

Une usine modèle va être édifiée, avec un matériel de machines modernes qui assureront un service constant de jour et de nuit.

Un fort rabais ayant été offert par le concessionnaire aux commerçants de Soulac pour les premières installations, ceux-ci se sont empressés d'en profiter; et le concessionnaire compte déjà plus de 600 lampes; de ce fait, à la saison prochaine, la lumière électrique illuminera les rues, qui avaient manqué de cet élément jusqu'à ce jour.

Mont-Louis (Pyrénées-Orientales). — *Éclairage.* — Primitivement, il avait été question de la construction, dans ces parages, de deux usines électriques qui auraient fourni l'éclairage dans toutes les communes des cantons de Mont-Louis et de Saillagouse. Aujourd'hui on annonce qu'une vaste usine électrique, devant fournir l'éclairage électrique dans toutes les communes de ces deux cantons, serait construite dans les Pyrénées-Orientales.

La construction de cette usine électrique serait, avec le chemin de fer électrique, un nouveau pas vers le progrès.

Il est certain que toutes les communes de Cerdagne, du Capcir et du Conflent, s'empresseraient de prendre l'engagement d'être éclairées à l'électricité.

Nous estimons qu'on peut très bien établir une usine électrique dans divers endroits de la région, alors surtout que ce ne sont pas des chutes d'eau qui pourraient manquer.

Souhaitons bonne et prompte réussite dans l'étude d'un tel projet.

Paulhaguet (Haute-Loire). — *Éclairage.* — Il avait été question depuis longtemps d'installer dans cette ville une distribution d'énergie électrique, plusieurs projets avaient été

même mis à l'étude, mais sans pouvoir obtenir une solution favorable.

M. Peyroche, entrepreneur de travaux publics à Craponne, a pris l'initiative de fournir cette lumière aux trois chef-lieux de canton : Allègre, la Chaise-Dieu et Paulhaguet.

Après une entente favorable des trois municipalités intéressées, M. Peyroche leur a soumis à chacune d'elles un projet avec devis et cahier des charges que le Conseil municipal vient d'approuver.

Espérons que la plus grande activité sera donnée à cet important travail et qu'avant la fin de l'année, on verra sa mise à exécution.

La force motrice sera donnée par une chute établie sur la Senouire, à quelques kilomètres de Paulhaguet.

Riscle (Gers). — *Éclairage.* — La question de l'éclairage est actuellement à l'étude à Riscle. La commune a des offres diverses. L'usine serait installée à la Carderie, dans la maison Milon.

La ville souscrirait pour une trentaine de lampes; les particuliers pour plus de 200.

La prochaine réunion du Conseil aura lieu incessamment et il est possible qu'une solution intervienne. Elle consisterait à offrir pour un prix qui n'est pas encore définitif, l'éclairage jusqu'à minuit dans une combinaison avec rallumage, en hiver, de cinq heures du matin jusqu'au lever du soleil, et, dans une autre, l'éclairage toute l'année et toute la nuit, du coucher au lever du soleil, avec un circuit spécial pour chaque combinaison.

ÉTRANGER

Berlin. — *Éclairage des trains.* — Il vient de se fonder à Berlin, au capital de 1 million de marks (1 250 000 fr), une Société qui se consacrera exclusivement à l'éclairage électrique des trains.

La Société doit exploiter un système d'éclairage appliqué par les chemins de fer de l'État prussien pour ses trains express. Le capital a été entièrement souscrit par les Compagnies Allgemeine, Siemens et Halske, et la Société de Hagen pour la fabrication des accumulateurs (système Tudor). Chacune de ces Sociétés a souscrit le tiers du capital.

Naples. — *Station centrale.* — Un projet important vient d'être déposé en vue de l'utilisation d'une dérivation des eaux du Volturno, destinées à fournir à Naples l'énergie électrique nécessaire pour les services publics et les nouvelles industries que l'on espère voir s'installer. Ce projet comprend deux parties : la première donne le détail des travaux de canalisation des eaux, qui se composent d'un canal de dérivation à section en forme de trapèze, de trois conduites forcées en tubes de tôles d'acier, et d'une usine hydraulico-électrique avec cinq groupes de turbines et alternateurs, chacun d'une puissance de 1 800 poncelets.

La seconde partie du projet comprend l'installation de la ligne principale de transport de l'énergie électrique jusqu'à Naples, à la tension de 45 000 volts, et la station de réception avec les dynamos et les transformateurs.

Le devis s'élève pour la première partie du projet à 3 900 000 fr et pour la seconde à 3 100 000 fr, soit au total, pour l'installation complète, une dépense de 7 millions.

M. l'ingénieur Echonde a présenté au maire de Naples la demande de pouvoir présenter officiellement à l'administration communale, le projet pour l'utilisation complète de la chute du Capo Volturno, d'après lequel il serait possible d'augmenter successivement et suivant les besoins, l'énergie mécanique de la chute même, de 12 à 32 000 poncelets et plus.

CORRESPONDANCE

Accumulateur E. I. t.

Paris, 6 mars 1905.

CHER MONSIEUR,

Vous nous demandez les poids exacts du liquide et des plaques des deux accumulateurs expérimentés au Laboratoire central d'Électricité, comptant avec ces renseignements nous démontrer facilement qu'il y avait largement assez de liquide et de matières actives pour tirer de ces accumulateurs la quantité d'électricité indiquée.

Nous sommes très heureux de l'occasion que vous nous offrez d'étudier notre accumulateur; nous sommes persuadés que vous reconnaîtrez à l'aide des renseignements que nous vous donnons dans le tableau annexé à cette lettre, que :

1° La porosité des plaques (que nous ne recherchons pas du reste), n'était pas suffisante pour admettre le grand volume d'électrolyte qu'aurait exigé la grande capacité constatée, si cela avait été du plomb ordinaire. Vous remarquerez, du reste, que la capacité par kilogramme des rames de plaques n'est que de 30 A-h; mais que, grâce au coefficient d'électrolyte plus petit qu'avec le plomb ordinaire, la capacité par kilogramme de poids total de l'accumulateur *E. I. t.*, dépasse 20 A-h;

2° Vous voudrez bien reconnaître en outre qu'après trois heures de service à un régime qui aurait vidé tout autre accumulateur de même poids, la différence de potentiel sous le courant était de 2 volts, l'électrolyte moyen marquant 27° Baumé.

Ces deux faits, faciles à vérifier, indiquent d'une façon irréfutable que nous avons fait subir à l'oxyde de plomb ordinaire une modification profonde pour le transformer en oxydes d'un état allotropique spécial du plomb avec lequel nous obtenons des capacités inconnues jusqu'à ce jour.

Veuillez agréer, etc.

ROSSET. JEANTAUD.

DÉTAIL DES POIDS DES DEUX ÉLÉMENTS DE 15 ET 19 PLAQUES DONNÉS EN ESSAIS AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ

	Élément de 15 plaques en g.	Élément de 19 plaques en g.
Bac, tasseaux, couvercles	760	950
1 bouchon, 2 rondelles caoutchouc	25	25
2 boulons de connexion	25	25
2 bornes de connexion	250	300
15 plaques sèches (7 à 400 et 8 à 370)	5 760	»
19 plaques sèches (9 à 400 et 10 à 370)	»	7 300
Électrolyte à 1,32 de densité :		
Bac 15 : 1,6 litre	2 112	»
Bac 19 : 2 litres	»	2 610
Séparations à 25 grammes :		
Bac 15 : 14 . 25	350	»
Bac 19 : 18 . 25	»	450
Poids total	9 282	11 670
Poids constaté	9 270	11 700
Ampères-heures par kg de plaques	35,5	32,47
Ampères-heures par kg de rames :		
Élément 15 : 5,760 kg + 0,250 + 0,350 = 6,36	30,3	»
Élément 19 : 7,300 kg + 0,300 + 0,450 = 8,05	»	29,4
Ampères-heures par kg de poids total	20,82	20,25
Watts-heures par kg	41,2	40,2
Durée de la décharge, en heures et minutes	7 36	6 34

Nous attendrons, pour répondre à M. Jeantaud, qu'il nous envoie au laboratoire les accumulateurs promis. É. H.

DYNAMOS ACYCLIQUES (HOMOPOLAIRES)

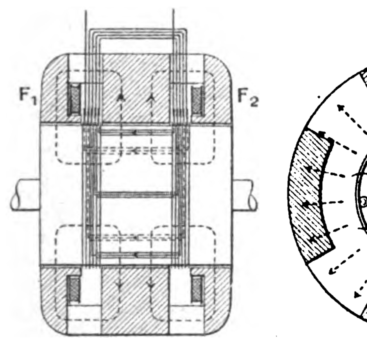
Sans avoir une affection spéciale pour les mots nouveaux, nous les apprécions cependant quand, s'imposant, ils sont bien formés et ont un sens clair et exact, toutes qualités rares par le temps qui court. A ces divers titres et quel qu'en soit l'auteur, la désignation d' « acycliques » pour les machines en question est particulièrement bien trouvée. Elle s'explique d'elle-même. Nous la saluons en passant.

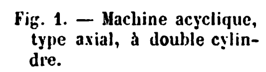
Plus intéressante est une communication que vient de faire, sur ces machines peu connues, M. Noeggerath à l'*American Institute of Electrical Engineers*, de New-York, au Bulletin duquel nous empruntons les lignes suivantes.

Si restreinte qu'elle soit, cette étude se recommande du fait qu'elle résulte de la construction, unique à ce jour, si nous ne nous trompons, d'une machine de cette famille ayant une puissance honorable de 300 kw sous la différence de potentiel plus respectable encore, en l'espèce, de 500 volts, établie par une des grandes maisons de construction électrique non spécifiée par l'auteur.

Les machines acycliques, antérieurement connues sous le nom d' « homopolaires », peuvent, d'après la disposition de leurs conducteurs d'armatures et sous réserve de combinaisons mixtes, se classer en deux types distincts : celles du type radial, à simple ou double disque, et celles du type axial, à cylindre simple ou double.

C'est à cette dernière catégorie qu'appartient la machine ici considérée (fig. 1). Elle se compose essentiellement




Fig. 1. — Machine acyclique, type axial, à double cylindre.

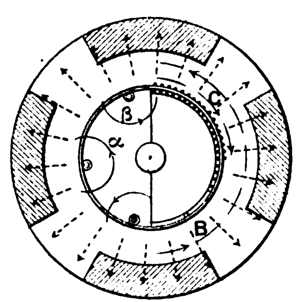


Fig. 2. — Machine acyclique, type axial, à double cylindre (Coupe normale à la précédente).

d'un cylindre massif, en acier coulé, garni, à sa surface, d'un petit nombre de conducteurs rectilignes, reliés, à leurs deux extrémités, à des jeux de bagues collectrices.

L'inducteur est constitué principalement par un bâti, également en acier coulé, revenant vers l'arbre en trois projections polaires qui forment autour de l'armature une enveloppe cylindrique complète. Les bobines inductrices y sont roulées concentriquement à l'arbre.

La machine est complétée par deux jeux de balais et un certain nombre de conducteurs immobiles (conducteurs de bâti). Huit ouvertures périphériques permettent l'accès aux balais et aux bobines inductrices.

Celles-ci donnent naissance à deux flux primaires indiqués par des courbes pointillées fermées sur la figure 1 et par des droites pointillées radialement divergentes sur la figure 2.

L'armature tournant dans ce champ uniforme, il est induit dans ses conducteurs (fig. 1 et 2, C) des forces électromotrices constantes en grandeur et en direction. Les conducteurs sont, isolément ou par groupes, reliés en série au moyen de bagues collectrices ou de lames de collecteur et des conducteurs de bâti.

La force électromotrice induite a pour expression :

$$\frac{\Phi \,.\, \mathcal{N} \,.\, \omega \,.\, 10^{-8}}{60} = 1{,}66 \,.\, \Phi \,.\, \mathcal{N} \,.\, \omega \,.\, 10^{-10} \text{ volts,}$$

Φ étant le flux total, ω la vitesse angulaire en t:min, et $\mathcal{N}$ le nombre de conducteurs d'armature en série.

La figure 3 représente schématiquement la forme la plus simple du circuit électrique dans un type cylindrique de génératrice, C et R étant des conducteurs d'armature et de bâti, et Cr et B, respectivement, des bagues collectrices et des balais. Les courants circulant dans ce

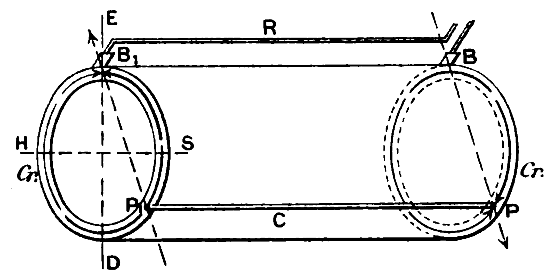


Fig. 3. — Schéma du circuit électrique.

système créent des champs secondaires qui agissent sur le flux primaire. Parmi eux ceux dus aux courants passant dans les bagues collectrices (réactions de bagues) présentent, au point de vue pratique, un grand intérêt.

A un moment donné le point de connexion entre les conducteurs d'armature et la bague collectrice passe par P_1. A cet instant il circule de P_1 à B_1, à travers les deux parties de la bague, des courants inversement proportionnels à la résistance ohmique de ces sections, et ces courants développent des champs dans la substance magnétique qui les entoure complètement.

En même temps que l'armature tourne, le point de connexion P_1 se déplace et modifie la grandeur et la direction de la f. m. m. Ces changements périodiques d'aimantation donnent lieu à des pertes par hystérésis et par courants parasites dans la masse métallique. Le flux primaire en est affaibli, l'augmentation d'induction étant, par suite de la saturation, notablement inférieure à sa diminution. D'où, en somme, mauvaise régulation.

Divers moyens permettent de combattre ces réactions

de bagues. L'un d'eux consiste à disposer des balais tout autour de la bague, dont pratiquement ils recouvrent la surface. Ce procédé est inapplicable avec les tensions industrielles, en raison du grand nombre de bagues qu'elles comportent. Il serait en effet impraticable de régler et surveiller l'énorme quantité de balais nécessaires dans ce cas. La question des pertes par frottements limite ainsi le nombre de contacts. — On est arrivé à des résultats satisfaisants à l'aide d'une méthode schématiquement représentée sur la figure 4. R_1, R_2, ... B_1, B_2, ... F_1, F_2, ... représentent respectivement des bagues, des balais et des points de connexion du système collecteur sur un côté de l'armature. Les points de connexion sont disposés en un tour complet de spirale, tandis que les points de contact des balais forment un ou plusieurs tours de spirale dirigée en sens contraire. Les balais sont montés par groupes qu'on peut surveiller par les ouvertures du bâti. On a dans ce cas $\Sigma\mathcal{F} = 0$ pour chaque section de la périphérie collectrice et pour toute position de l'armature.

En ce qui concerne la réaction d'armature, il convient de se reporter aux figures 1 et 2. Les courants circulant dans les conducteurs C d'armature donnent, comme on l'a vu, naissance à des flux secondaires indiqués par les courbes fermées (fig. 1). Ces flux secondaires coupent le bâti dans la rotation de l'armature et déterminent des pertes par hystérésis et courants parasites. Ils augmentent ainsi le flux primaire en α (fig. 2) et le diminuent en β. En raison de la saturation, l'effet affaiblissant sera encore augmenté, ce qui nuira à la régulation. Quand les conducteurs sont immédiatement voisins les uns des autres, autrement dit quand on a sensiblement :

$$\frac{di}{dl} = C,$$

i étant exprimé en ampères et l étant la longueur de la

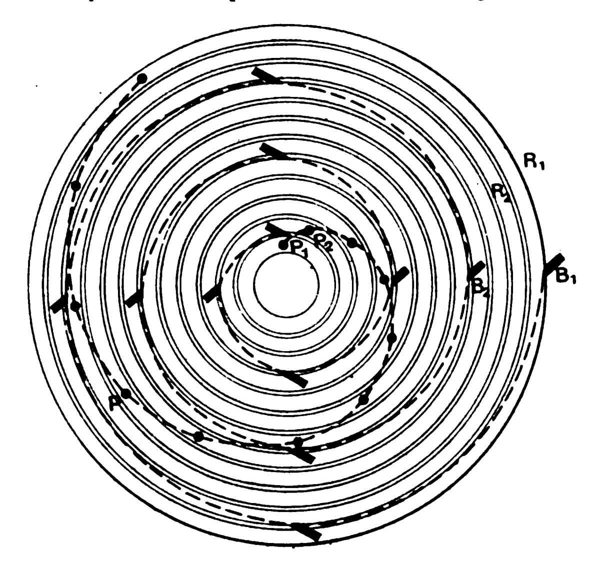


Fig. 4. — Disposition des contacts.

périphérie d'armature, les composantes radiales de ces flux secondaires en α et en β se trouvent neutralisées. Des considérations analogues s'appliquent aux conducteurs immobiles.

Le moyen le plus efficace de satisfaire aux exigences de cette équation consiste à employer des conducteurs méplats appliqués les uns contre les autres. On peut les assembler soit à l'intérieur du corps de l'armature, soit à sa surface. Les autres composantes de tous les flux locaux forment un champ circulaire qui coupe orthogonalement le flux primaire (fig. 2). L'étude de l'influence réciproque de ces aimantations conduit à la considération de deux conditions importantes :

1. Le milieu qui sépare les conducteurs d'armature et de bâti n'est pas magnétique : c'est l'air; autrement dit, les conducteurs sont respectivement appliqués sur les surfaces d'armature et de bâti (fig. 5, A).

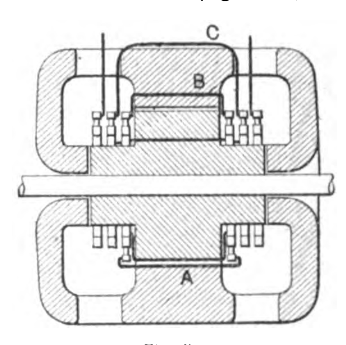


Fig. 5.

Si, dans la figure 6, $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{B}_1$ représentent la f. m. m. et l'induction correspondant au flux primaire, et $\mathcal{F}_2$ et $\mathcal{B}_2$ la f. m. m. et l'induction correspondant au flux secondaire dû aux spires d'armature, $\mathcal{F}_3$ et $\mathcal{B}_3$ seront les f. m. m. et l'induction correspondant au flux résultant, à la condition que la réluctance soit la même dans tous les

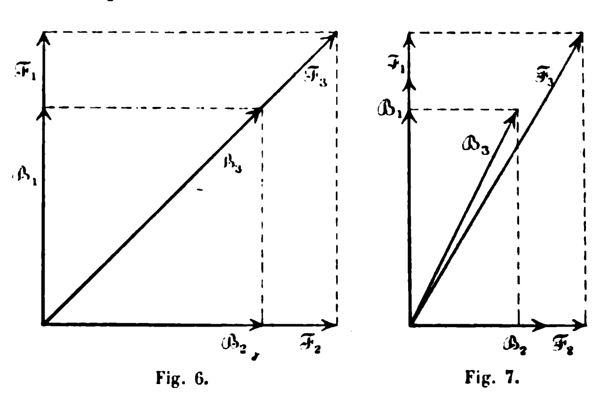


Fig. 6. Fig. 7.

sens. La composante du flux dans le sens de l'aimantation primaire reste d'ailleurs sans changement.

Dans un entrefer la longueur de trajectoire du flux résultant sera réellement un peu supérieure à celle du flux primaire ; mais, par suite de la réluctance très élevée suivant la trajectoire de la réaction d'armature, le flux secondaire est si faible que le sens et la grandeur du champ résultant ne diffèrent pas du primaire d'une façon appréciable.

2. Le milieu magnétique entre les éléments fixe et

mobile de l'enroulement est constitué par du fer (fig. 5, B, C; fig. 7). En raison surtout de la saturation, l'induction due au champ résultant sera notablement inférieure à $\sqrt{\mathcal{B}_1^2 + \mathcal{B}_2^2}$, et sa composante dans la direction de l'aimantation sera sensiblement moindre que $\mathcal{B}_1$. Mais, pour rendre au flux sa valeur originaire, il suffit d'augmenter la f. m. m. qu'exige l'augmentation d'induction suivant la portion de sa trajectoire affectée par l'aimantation secondaire. L'influence d'une réaction d'armature ou d'une régulation donnée est, en conséquence, déterminée par la relation entre la réluctance du circuit magnétique primaire dans cette surface et la réluctance primaire totale. On peut la maintenir très faible.

Tandis que pour les circuits B et C (fig. 5) les principales aimantations secondaires sont pratiquement du même ordre, les flux locaux dus à la portion du circuit C dirigée parallèlement à l'arbre sont beaucoup moindres qu'en B, par suite de la très haute réluctance; ils sont, en fait, négligeables.

Dans ces conditions on arrive à neutraliser très complètement les réactions de bagues et d'armature.

Des épreuves faites sur la génératrice en question de 300 kw montrent que la différence de tension entre la pleine charge et la marche à vide n'est que très peu supérieure à la chute de tension due à la résistance totale du circuit d'armature; en d'autres termes, la régulation est satisfaisante.

Sans entrer dans le détail et la discussion des enroulements d'armature des dynamos acycliques, l'auteur de cette communication indique comme particulièrement dignes de considération dans l'établissement de ces enroulements les points suivants :

1. La neutralisation des réactions de bagues;
2. L'action magnétisante des connexions terminales;
3. La tension minima entre bagues;
4. Le groupement des balais pour leur facilité d'accès;
5. L'égalité de résistance des circuits d'armature;
6. Le minimum de tension entre conducteurs adjacents.

Le point 5 est intéressant au point de vue du fonctionnement des machines sous différentes tensions.

On peut réaliser le compoundage additionnel ou différentiel de réceptrices ou de génératrices acycliques, soit au moyen d'une bobine en série, soit à l'aide d'un décalage entre les contacts et les conducteurs de bâti ou entre les points de connexion et les conducteurs d'armature (fig. 9). Par exemple (fig. 8), les courants circulant dans les fils qui relient les conducteurs de bâti et les balais enveloppent partiellement ou complètement l'armature. La composante circulaire de la f. m. m. produite par ces courants agit dans le même sens que la f. m. m. des bobines inductrices ou en sens contraire. On peut, par déplacement des balais, régler le compoundage : en les déplaçant en sens contraire de la rotation on réalise un compoundage additionnel dans les génératrices; le résultat est inverse pour les moteurs.

Il est évident qu'on peut construire des génératrices et des réceptrices en série sans bobines inductrices. Dans les génératrices de ce genre on peut modifier l'intensité et le sens de l'aimantation par déplacement des balais, et,

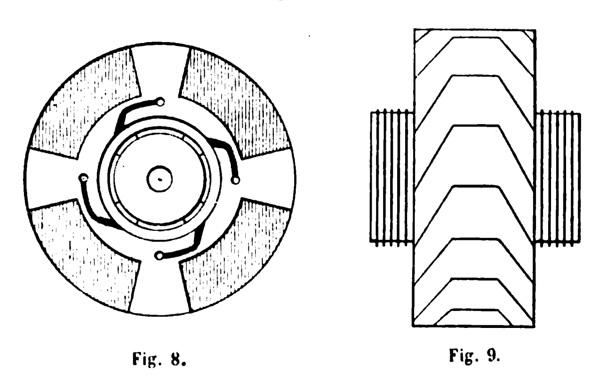


Fig. 8. Fig. 9.

par suite, agir sur le sens et la grandeur de leur force électromotrice, aussi bien que sur la vitesse, le couple et le sens de rotation des moteurs.

Les génératrices acycliques sont auto-excitatrices.

Les considérations électriques et magnétiques ici développées pour les génératrices du type axial subsistent d'ailleurs également pour le type radial, sauf une modification en ce qui concerne les réactions d'armature.

Le rendement d'une génératrice acyclique est à peu près le même que celui d'une génératrice à commutateur actionnée par turbine; mais la répartition des pertes y est très différente.

La ventilation et les frottements aux paliers étant des questions de pure mécanique, indépendantes du type de machine, on peut leur donner les mêmes valeurs dans les deux genres de dynamos.

La perte RI^2 par effet Joule dans le système inducteur est un peu moindre pour les machines acycliques en raison surtout de ce que la largeur de l'entrefer y est limitée par des considérations mécaniques et non par la réaction d'induit.

Quant à la perte correspondante dans l'armature, elle est presque négligeable par suite du petit nombre des spires qui la constituent. Ainsi, la génératrice ici étudiée ne comporte que 12 conducteurs d'armature et autant de conducteurs de bâti reliés en série.

Il est d'ailleurs évident que, dans un champ uniforme et constant, il ne saurait y avoir aucune perte hystérétique. Quant aux courants parasites, on n'a qu'à se reporter à la figure 10 qui suppose une répartition uniforme sans fuites magnétiques. Il n'est induit dans le champ

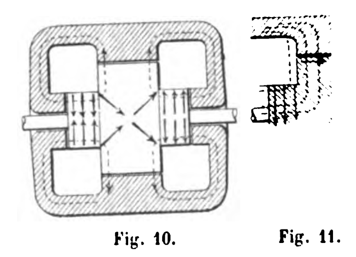


Fig. 10. Fig. 11.

aucune force électromotrice. Les flèches indiquent en valeur et en direction les forces électromotrices induites dans le corps de l'armature. Il est évident que $\Sigma E = 0$ pour tout circuit fermé à l'intérieur de l'armature, aussi bien que pour tout circuit comprenant l'armature, les paliers et les inducteurs. La figure 11 montre qu'il en est ainsi alors même qu'il y a des fuites magnétiques, pourvu qu'elles soient uniformément réparties.

Voici finalement les conclusions dégagées par l'auteur d'une série de recherches faites sur ces machines :

1. Au point de vue de la *vitesse* (fig. 12).

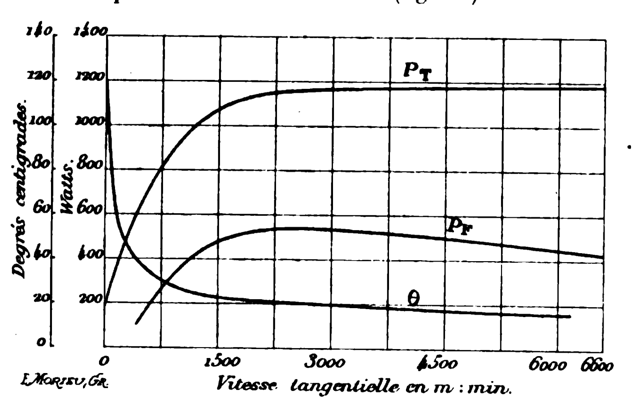
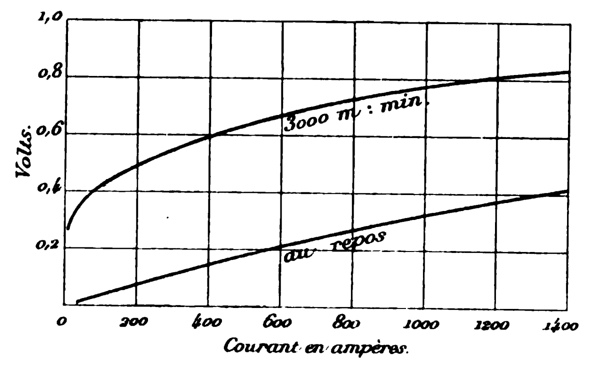


Fig. 12. — (Balais de cuivre. Bagues en acier coulé.)

Une augmentation de vitesse détermine une constante mais faible augmentation de perte de charge au contact des balais. Tout en diminuant légèrement, les pertes par frottements restent pratiquement constantes à vitesse élevée. Les pertes totales restent aussi pratiquement constantes au-dessus de ces vitesses. La meilleure ventilation, conséquence d'une vitesse plus grande, permet une plus forte intensité dans le système collecteur.

2. *Densité de courant.* — Si la relation entre courant et perte de charge aux contacts fixes de balais et de bagues métalliques est analogue à celle que présente une résistance massive, les conditions applicables aux contacts mobiles sont du genre de celles qu'on rencontre dans l'arc électrique : la résistance apparente tombe rapidement quand la densité augmente (fig. 13). Il existe encore



(Fig. 13. — Balais de cuivre. Bagues en acier coulé.)

une autre analogie en ce qu'il faut fréquemment des différences de potentiel égales à 10 ou 20 fois la normale pour déterminer la circulation du courant.

3. *Pression des balais* — La perte de charge n'est guère diminuée par une augmentation de pression des balais; mais la tendance à la formation d'étincelles, sous des vitesses et des densités élevées, exige de fortes pressions de ces balais.

Dans la turbo-génératrice de 300 kw sous 500 volts, en question, les pertes, à pleine charge, atteignaient 28 kw, indépendamment de celles dues à la ventilation et aux frottements. La courbe de rendement (fig. 14) est aplatie

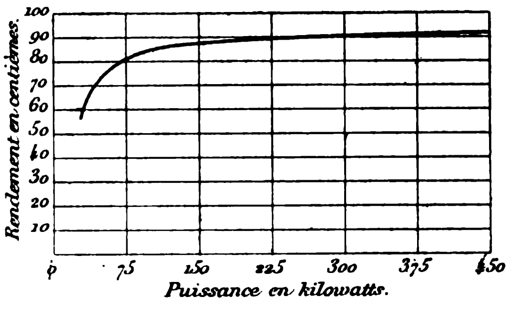


Fig. 14. — Rendement.

grâce à la faible quantité de fer dans le noyau et au peu de perte par frottement aux balais. La régulation s'effectuait à 6 à 12 pour 100 près.

Quant à la partie mécanique de la machine dont les deux éléments magnétiques sont, comme on l'a vu, en acier moulé, la surface lisse de l'armature étant garnie de 24 conducteurs en bandes plates disposés périphériquement, l'effort du couple de rotation est supporté par des projections radiales en saillie sur le corps de l'armature, tandis qu'un fil de frettage en acier s'oppose aux effets de la force centrifuge.

Les 12 bagues collectrices de chaque côté de l'armature (fig. 15) sont serrées l'une contre l'autre et montées

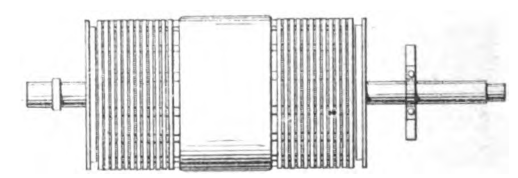


Fig. 15. — Induit de machine acyclique.

sur une coquille. Huit larges ouvertures ménagées dans le bâti donnent accès aux balais, à raison de trois chacune, ce qui correspond à un total de 24 contacts. La principale objection a un grand nombre de bagues en série réside dans la surveillance présumée difficile du nombre de balais correspondant; mais 24 contacts ne paraissent pas un chiffre trop élevé, même pour une machine à collecteur de puissance égale. L'armature ou le bobinage fixe et l'un quelconque des jeux de bagues collectrices s'enlèvent sans qu'on soit obligé de toucher à d'autres organes.

Si maintenant on compare au point de vue commercial et comme qualités intrinsèques les machines à courant



continu à commutateur et les machines acycliques, ces dernières apparaissent comme étant avant tout des machines à grande vitesse angulaire destinées à fonctionner presque exclusivement en fortes turbo-génératrices, comme moteurs à grande vitesse à attelage direct sur des pompes ou ventilateurs rotatifs, et comme moteurs-générateurs.

Les masses totales des deux genres de machines étant sensiblement identiques, à égalité de puissance, même pour des vitesses modérées de turbines, la très faible masse de cuivre exigée par la dynamo ici présentée et sa simplicité de construction (main-d'œuvre moindre et coût total inférieur), jointes à la suppression du problème si délicat de la commutation, sont tout à son avantage.

Si sommaire et peu explicite, pour ne pas dire tronquée, que soit cette étude, elle est intéressante et ouvre des horizons nouveaux qu'une prochaine discussion ou d'autres communications élargiront peut-être. Nous les reproduirons avec plaisir, le cas échéant. E. B.

CHEMIN DE FER DE LA VALTELINE

ESSAIS DE TRACTION

MM. Novi et Donati, ingénieurs de la *Societa italiana per le strade ferrate meridionale*, ont entretenu le Congrès des Électrotechniciens italiens de Bologne, de divers essais qu'ils ont entrepris au chemin de fer de la Valteline. On sait que ce chemin de fer, d'une longueur de 106 km, établi par la maison Ganz et Cie, de Buda-Pesth, emploie des courants triphasés à 3000 v.

Les essais ont porté :

1° Sur la dépense totale d'énergie de trains de diverses compositions pendant le démarrage et pendant le parcours sur les tronçons Lecco-Colico-Sondrio et Colico-Chiavanna.

2° Sur la dépense d'énergie nécessaire pour la traction d'une tonne à la vitesse de 60 km à l'heure.

3° Sur l'énergie récupérée dans un train qui descend une rampe avec ses moteurs branchés sur le réseau.

4° Sur la dépense d'énergie et la puissance maximum à l'usine dans le cas d'exploitation régulière.

1. On a placé dans une voiture motrice sur chacune des deux phases de la ligne aérienne, un wattmètre enregistreur et un compteur d'énergie. D'après les indications de ces instruments, les résultats donnés ci-dessous ont été obtenus; c'est la moyenne de 90 essais sur des voitures et des trains différents.

Pour les moteurs à haute tension, dans un train normal, le facteur de puissance a été d'environ 0,9. Dans le couplage en cascade pour le même train, il tombe à 0,54 en plaine et à 0,75 dans une forte rampe.

L'énergie spécifique a été déterminée en divisant la dépense d'énergie totale employée à parcourir une portion de la ligne par la masse du train et le chemin parcouru; on compte dans la dépense d'énergie celle nécessaire au démarrage. La moyenne varie naturellement d'après la composition du train et atteint un maximum de 48 w-h : t-km, dans le cas où le train n'est composé que d'une seule voiture. Dans le cas d'un train de composition normale, c'est-à-dire avec une voiture motrice pesant 54 tonnes en service et 4 ou 5 voitures remorquées pesant ensemble 60 à 70 tonnes, la dépense tombe à 31 w-h : t-km. Sur le parcours se trouvent des pentes, des rampes, des courbes, des tunnels et des stations; le point d'origine et la fin sont cependant au même niveau.

La dépense plus grande d'énergie spécifique pour les trains légers est due à ce que la résistance de l'air, sur la face avant est indépendante du poids. Cette résistance forme une partie importante de la résistance du train; elle est d'environ 240 kg pour une vitesse de 60 km : h. Il en résulte qu'au point de vue de la dépense d'énergie, on ne doit pas remplacer un train lourd par plusieurs trains légers.

Les mesures relatives au paragraphe 2 ont été faites avec les mêmes appareils, sur une portion de voie en palier et en alignement. La dépense variait entre 18 w-h : t-km pour une locomotive marchant seule, et 12,5 à 13,5 pour un train pesant de 110 à 130 tonnes. Les valeurs trouvées concordent bien ensemble; il en résulte que la résistance totale du train, y compris les pertes électriques, varie entre 4,5 et 5,3 kg par tonne. L'exactitude de cette valeur a été vérifiée au moyen d'un autre essai : Un train parcourait avec une vitesse de 62,5 km : h une rampe de 4,17 millièmes avec les moteurs branchés, et le wattmètre n'indiquait aucune dépense.

A première vue, il paraît extraordinaire que la valeur moyenne de la dépense totale s'élève à 31 w-h : t-km, car la dépense d'énergie pour une vitesse de 60 km : h sur une voie horizontale n'est que de 13 w-h : t-km. On ne doit pas oublier cependant que l'accélération de 0 à 60 km : h exige de 90 à 100 w-h : t-km. Cette valeur se décompose comme il suit : 42 w-h pour obtenir une vitesse de 17,5 m : s, correspondant à 60 km : h; 18 à 23 w-h : t-km sont dépensés pour vaincre la résistance du train. Pour les pertes dans le cuivre, dans le fer, dans les rhéostats, il reste donc de 30 à 31 w-h. La durée moyenne du démarrage était de 130 secondes et le chemin parcouru pendant ce temps était d'environ 1500 m. Entre Lecco et Colico, sur un parcours de 40 km, on effectue 7 démarrages.

Il résulte de ces mesures que les pertes dans le cuivre, dans le fer et dans les rhéostats, pour une ligne de 40 km avec 7 démarrages, prennent environ 6 w-h : t-km, c'est-à-dire à peu près le cinquième de la dépense totale. Il ressort de là qu'il n'existe pas de raison pour diminuer les pertes dans les rhéostats d'une manière exagérée lors des démarrages; si l'on réfléchit que le prix de revient

de l'énergie n'est qu'une faible fraction du prix de revient total, et qu'en employant un autre système de traction quelconque, dans le cas le plus favorable, on n'économiserait que le sixième de cette partie. Il ressort clairement que pour le service des grandes lignes, la réduction des pertes dans les rhéostats pour arriver à une économie, est tout à fait insignifiante.

3. Les mesures avaient pour but de déterminer la quantité d'énergie restituée à la canalisation quand un train dont les moteurs sont branchés, descend une pente. Quand un train pesant 110 tonnes descend une pente de 4,17 millièmes, sa dépense est à peu près nulle. Si la pente est plus forte, les moteurs travaillent comme générateurs, et une partie de l'énergie potentielle est transformée en énergie électrique.

Les essais ont été entrepris sur des portions de voie à fortes pentes afin de pouvoir plus facilement mesurer. Sur le parcours Chiavenna-Samolenco, la vitesse est réduite à 45 km à l'heure à cause de l'état de la voie. On dut se contenter de pousser la vitesse jusqu'à 33 km : h en couplant les moteurs en cascade. Le tableau suivant indique les résultats d'une série de mesures. L'essai a été entrepris sur une pente de 20 millièmes, entre Chiavenna et Samolenco, sur un train de 120 tonnes.

W_1 sont les indications de l'un des compteurs et W_2, celles de l'autre.

POINT KILOMÉTRIQUE.	LONGUEUR DU PARCOURS EN M.	W_1 EN W-H.	W_2 EN W-H.	DURÉE EN SECONDES.	ÉNERGIE SPÉCIFIQUE EN W-H PAR TONNE-KM.
25,394					
24,792	602	1950	45	66	28
24,222	570	1800	75	62	27,5
23,582	640	2250	90	71	28
22,754	828	2850	50	88	28
22,407	347	1275	30	58	30
21,355	1042	3325	82,5	117	28

Les résultats de ces mesures et ceux d'autres analogues, c'est que sur la portion de voie Chiavenna-Samoloco, on récupère environ 54 pour 100 de l'énergie potentielle du train. Cependant des mesures semblables, mais à la vitesse de 62,5 km à l'heure ont été entreprises sur les parcours Ardenno-Talamona et Morbegno-Coslo. Dans le premier cas, la pente était de 12,4 millièmes et l'énergie spécifique récupérée, de 11,5 w-h : t-km ; dans le second cas, la pente était de 14,9 millièmes, et l'énergie récupérée, de 14,3 w-h : t-km.

4. Dans ces essais, la puissance totale de l'usine de Morbegno a été mesurée au moyen de deux appareils Schuckert, branchés sur le secondaire de transformateurs dont les primaires étaient reliés à la ligne à haute tension. En outre, on disposait d'un wattmètre enregistreur d'Olivetti, qui enregistrait la charge instantanée. Les diagrammes relevés montrent que les variations de charge sont énormes et se reproduisent à de courts intervalles. Malgré ces énormes variations de la charge, on n'a pas besoin d'avoir recours à des appareils de réglage de la tension, car celle-ci n'a qu'une influence insignifiante sur la vitesse des trains.

La dépense moyenne d'énergie pour un travail de 4 heures du matin à minuit est de 11500 kw-h. Le nombre de trains-kilomètres journaliers s'élève à 2200 pour plus de 260 000 tonnes-kilomètres. La dépense moyenne d'énergie à la centrale est donc de 44 watts-heure par tonne-kilomètre ; mais il faut remarquer que, dans cette dépense, entre celle relative à l'éclairage des gares, au chauffage des voitures, à la charge des accumulateurs d'éclairage des trains express, et à la marche des ateliers de réparations de Lecco.

Jusqu'à ces derniers temps, la puissance maximum était de 1500 kw avec un facteur de puissance de 0,8. Comme actuellement on a mis en service trois nouvelles locomotives, la charge peut atteindre 3000 kw.

Les locomotives nouvelles sont à deux vitesses : 32 km : h et 64 km : h ; l'effort de traction est respectivement de 6000 et 3000 kg. La puissance normale aux roues est de 600 kw et la puissance maximum de 1100. Le poids total est de 62 000 kg et le poids adhérent de 42 000 kg.

Une de ces locomotives a remorqué des trains réguliers de 270 tonnes à une vitesse de 64 km : h sur le parcours Lecco-Colico. Pour ces trains, on a constaté une intensité de 100 à 150 A sur une rampe de 10 millièmes. Sur la même ligne circulent des trains de 400 tonnes à la vitesse de 32 km : h.

On a entrepris en outre des essais de démarrage sur une rampe de 20 millièmes ; on pouvait démarrer régulièrement un train de 250 tonnes avec une intensité de 150 à 200 A. Avec une telle locomotive, il est possible d'amener en 55 secondes un train de 400 tonnes de la vitesse zéro à la vitesse de 32 km : h. Un train pesant 250 tonnes est amené en 110 secondes à la vitesse de 64 km : h.

Ces locomotives répondent aux conditions de traction les plus dures. Elles ont été essayées en procédant à 20 démarrages à des intervalles de 2 minutes avec un train pesant 400 tonnes ; les rhéostats n'ont nullement souffert de ce service exagéré. Ces locomotives peuvent remplacer les locomotives à vapeur les plus puissantes, tant pour le service des voyageurs que pour celui des marchandises. Il a été démontré que ce système de traction est au moins équivalent au système à courant continu avec troisième rail, et qu'il lui est supérieur au point de vue de la puissance et de la consommation.

F. L.

Pour éviter toute perte de temps, nous prions nos lecteurs de vouloir bien adresser toutes les communications concernant la Rédaction à M. É. HOSPITALIER, 87, boulevard Saint-Michel, et toutes celles relatives à l'Administration, 9, rue de Fleurus, Paris.



RÉSISTANCE ET COURANT

PAR RICHARD HEILBRUN

Il y a quelque temps, le laboratoire de l'*Union Elektricitäts-Gesellschaft*, de Berlin, avait à mesurer la résistance électrique des rails employés comme conducteur de retour pour le courant continu. Cette mesure donna lieu à des remarques intéressantes.

Un rail à essayer avait 7 m de longueur. A chaque extrémité le courant était amené au moyen de bornes vissées fortement sur l'âme du rail de chaque côté, aux points où se trouvent les trous des éclisses. Les points d'entrée du courant se trouvaient ainsi éloignés de 8 à 12 cm des extrémités du rail. On aurait pu mesurer simplement la résistance totale entre les bornes, mais on n'aurait pas eu une longueur bien définie pour y rapporter la résistance mesurée. Pour avoir exactement la résistance linéaire du rail on mesurait la différence de potentiel entre deux points éloignés de 2 cm, en appuyant sur le champignon deux pointes en cuivre tenues par un manche isolant. Il suffisait de connaître la chute de potentiel entre les deux pointes et le courant dans le rail, pour obtenir la résistance sur 2 cm de longueur de celui-ci. La méthode employée était celle de compensation, et l'on faisait varier le courant de façon à compenser toujours la même tension, ce qui donne la plus grande précision. La différence de potentiel à compenser était de 600 microvolts, et le courant de 400 ampères environ.

En répétant l'essai à différentes distances de l'extrémité du rail, on trouva des résultats variables jusqu'à une distance de 50 cm à peu près. Ce n'était qu'au delà de 50 cm qu'on pouvait considérer comme constante la résistance mesurée. En reportant les mesures aux distances entre la ligne moyenne des deux points de contact et l'extrémité du rail, on obtenait les résultats suivants :

Distances en cm.	Courant en ampères.	Résistance en microhms (sur 2 cm).
15	387	1,55
20	397	1,51
25	415,5	1,45
30	427	1,40
40	441,5	1,36
100	445	1,35
200	445	1,35

On voit donc que la résistance de 2 cm de rail est de 1,35 microhm, tandis que si on la mesure peu après l'entrée du courant on obtient 1,55 microhm, soit une résistance apparente plus grande que la résistance réelle. La cause est à rechercher dans la répartition du courant, dans la section du rail conducteur. On est ainsi amené à étudier les filets de courant.

Un filet de courant est un espace limité par les lignes de courants, normales aux surfaces équipotentielles. On peut, dans l'hypothèse que le courant est un mouvement d'un fluide, admettre que les particules de ce fluide se déplacent suivant les filets de courant. On pourrait aussi admettre que ces lignes de courant sont les trajectoires des électrons, suivant des hypothèses modernes. En réalité, le courant remplit la section du conducteur, et l'on ne peut avoir une notion des lignes de courant que par le fait qu'elles sont normales aux surfaces équipotentielles.

La répartition des filets de courant a été calculée dans plusieurs cas et par différents auteurs. Très anciens sont les essais de Kirchhoff et de Quincke pour obtenir pratiquement les lignes de courant dans des plaques. M. Heilbrun a donc cru intéressant de reprendre ces essais anciens, en répétant les mesures avec des appareils modernes, de façon à obtenir des résultats nouveaux et des méthodes pratiques. Il a travaillé, aidé par l'ingénieur G. Maïuri, sur une plaque de 195 mm de long, 78,5 mm de large et épaisse de 0,37 mm, de sorte qu'on peut la considérer comme une simple surface. Le courant était amené au moyen de contacts circulaires soigneusement établis par interposition de feuilles d'étain, il était fourni par des accumulateurs et mesuré avec un ampèremètre de précision de Weston. On pouvait considérer ce courant comme absolument constant.

Les lignes de courant étaient déduites géométriquement des lignes équipotentielles, et celles-ci étaient obtenues en mesurant la différence de potentiel entre une des bornes et un grand nombre de points de la plaque (200 à 300 points). Le contact sur les points de la plaque était obtenu au moyen d'une pointe de compas à laquelle était soudé un fil conducteur. La pointe était fixée à un support et l'on pouvait la placer en différents points, en mesurant les abscisses et les ordonnées rapportées à des lignes de repère sur la plaque. Comme axe des abscisses x on prenait la ligne médiane de la plaque et l'origine était à 15 mm de l'extrémité. Le conducteur soudé à la pointe était relié à un galvanomètre Siemens et Halske à cadre mobile, du genre Deprez-d'Arsonval, l'autre borne du galvanomètre était reliée au contact d'entrée du courant. Il n'y avait pas lieu à se préoccuper des déformations des lignes équipotentielles causées par le courant dérivé dans le galvanomètre, puisque le rapport de celui-ci au courant dans la plaque était inférieur à 10^{-6}. Avant chaque série de mesures, le galvanomètre était taré comme millivoltmètre, puis on commençait les lectures des déviations à droite et à gauche correspondantes aux différents points de la plaque.

En un point de coordonnées x et y le potentiel sera : $U = f(x, y)$, et l'on peut le représenter au moyen de coordonnées cubiques. En effet, en choisissant l'axe des Z normal à la plaque, et en portant en chaque point des normales d'une longueur proportionnelle au potentiel dans ce point, on obtient une surface correspondante à l'équation précédente. Dans un dessin on peut se limiter à représenter cette surface du potentiel par des courbes, qui sont les sections de la surface avec des plans parallèles aux axes X et Z, ou Y et Z. On choisit de préférence le premier système de plans parallèles, et l'on dessine sur une feuille de papier les courbes de potentiel rapportées

aux abcisses de la plaque, et correspondant chacune à une valeur déterminée de y. On obtient ainsi une série de courbes, et l'on peut facilement chercher les coordonnées des points ayant le même potentiel, et les reporter sur la plaque.

La construction des lignes équipotentielles devient une chose relativement facile. Le système des lignes de potentiel, correspondantes aux points de la plaque de même y, peut s'obtenir facilement en faisant rationnellement les séries de lectures au galvanomètre. Ces lignes peuvent pratiquement être assimilées à des paraboles, ce qui limite beaucoup le nombre des mesures.

Dans les expériences le courant était à peu près de 30 A, exactement 29,86 A; pour avoir les lignes de courant, limites des filets parcourus chacun par 1 A environ, on divisait la plaque en 30 parties à sa ligne transversale moyenne, et l'on partait des points ainsi obtenus pour dessiner les lignes de courants normales aux lignes équipotentielles. On obtient deux systèmes de lignes orthogonales, et la surface de la plaque est divisée dans un nombre de figures quadrangulaires, qui, à la limite, deviennent des rectangles semblables. Ces quadrilatères sont des surfaces d'égale résistance et d'égal développement de chaleur par effet Joule. Il est facile de démontrer que la densité du courant est inversement proportionnelle à la racine carrée de leur surface.

En examinant les résultats obtenus, on constate aisément que, seulement à une certaine distance des bornes, le courant peut être considéré comme également réparti dans la plaque, tandis qu'au voisinage des bornes les lignes équipotentielles sont rapprochées de la partie médiane et éloignées des bords de la plaque. Si l'on mesure la résistance par le système décrit au commencement, entre deux points du bord de la plaque, pas suffisamment éloignés des bornes, on aura une valeur de la résistance linéaire supérieure à la résistance réelle, tandis qu'en opérant sur la ligne médiane, on obtiendra une valeur trop petite.

En comparant les résultats de ces mesures, dont nous avons donné rapidement la méthode, à ceux obtenus dans la mesure des rails, il est évident que l'accroissement de résistance apparente au voisinage des points d'entrée et de sortie du courant, tient à la divergence des surfaces équipotentielles dans le champignon du rail. Nous sommes ainsi amenés à penser que l'augmentation de résistance observée dans les éclisses électriques à fils de cuivre, qu'on attribue ordinairement aux contacts, est en grande partie causée par le fait que l'entrée du courant est trop petite, de sorte que celui-ci n'utilise toute la section des rails qu'à partir d'une certaine distance. C'est donc la mauvaise répartition du courant qui cause l'augmentation de résistance.

On pourrait gagner peut-être quelque chose lorsque les joints comportent deux conducteurs de cuivre, en disposant les attaches à l'âme du rail verticalement l'une au-dessus de l'autre : on aurait ainsi une meilleure répartition du courant et une diminution de résistance. Sous ce rapport, la soudure des rails est celle qui présente le plus d'avantages.

La distribution des filets de courant dans les conducteurs massifs pourrait avoir de l'importance dans les appareils contenant de grandes masses métalliques parcourues par le courant. M. Heilbrun a étendu sa méthode d'essai à l'étude de différents interrupteurs pour courants de 25 à 250 ampères.

Il fait remarquer que ces appareils contiennent parfois des masses très imparfaitement utilisées par le courant. On pourrait dans certains cas, économiser la matière, cependant cela n'est pas toujours facile, et on doit se demander si cette économie n'est pas compensée par l'augmentation d'usinage.

(*Elektrotechnische Zeitschrift*, 22 décembre 1904).

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Le rachat des téléphones par le gouvernement. — Un contrat important vient d'être passé entre l'Administration des Postes et la *National Téléphone C°*, aux termes duquel la convention de 1901 est étendue jusqu'en 1911.

Dans son rapport, Lord Stanley, le Postmaster General dit, que le 31 décembre 1911, le réseau entier de la *National Telephone C°* sera la propriété du Gouvernement. Les conditions auxquelles le réseau de la compagnie sera racheté sont les suivantes :

1° L'installation sera acquise suivant sa valeur d'exploitation, tout comme pour les réseaux de tramways.

2° Les trois quarts, ou si la Compagnie y consent, la totalité de la somme d'achat pourra être payée en annuités, qui ne doivent pas durer plus de vingt ans.

Il est stipulé, dans le contrat, qu'aussi longtemps que la concession de la Compagnie restera en vigueur, l'intercommunication doit être autorisée entre le réseau de la Compagnie et celui de l'Administration des Postes, et aucune préférence ne sera donnée aux actionnaires de la Compagnie. Les charges de la Compagnie doivent être limitées et si le service, en un point quelconque, est insuffisant ou inefficace, la Poste peut reprendre les affaires de la Compagnie de suite, dans cet endroit, et cela sans aucune compensation.

Un séparateur d'huile. — A la *South London Electric Supply Corporation* il existe une installation pour la séparation d'huile de graissage de l'eau de condensation, établi par MM. Davis-Perett.

L'émulsion d'huile et d'eau qui sort du tuyau d'épuisement est amenée dans plusieurs bassins contenant une série de lames de fer, disposées comme les plaques négatives et positives d'un accumulateur, seulement elles sont alternativement submergées avec leurs bords supérieurs un peu au-dessous de la surface du liquide, de façon à

former un dispositif en chicane. Il en résulte que le liquide doit monter et descendre entre les lames pour traverser le réservoir. Une différence de potentiel de 50 volts est appliquée entre les lames, et, comme l'émulsion est un isolant il est nécessaire qu'une petite quantité d'eau de rivière soit introduite par un robinet dans les réservoirs pour permettre au courant de passer. Grâce à ce robinet seul on peut régler exactement le fonctionnement. Le sens du courant est périodiquement inversé, de façon à maintenir les lames également propres, et aussi afin de les laisser s'user également.

Il est difficile de dire si l'action est pareille à la dispersion du brouillard, ou si elle est due à une action électrolytique, mais on remarque que de l'oxyde de fer se précipite au fond du réservoir, tandis que l'huile gagne la partie supérieure sous forme d'écume où on peut la recueillir. La masse restante de liquide circule, presque exempte d'huile. Il est prudent cependant de faire passer le liquide par un filtre qui enlève tout sédiment.

Après cette opération on a de l'eau pure, comparable à de l'eau distillée. L'économie pour la station, qui devait autrefois acheter toute son eau est considérable, et comme l'eau de Kent est très calcaire, l'économie en charbon et en nettoyage des chaudières est aussi très importante. L'installation est telle qu'on peut traiter 36 320 litres par heure, pour lesquels on emploie un peu moins d'un kilowatt-heure pour chaque 4,54 litres, ce qui veut dire qu'à pleine charge il circule un courant de près de 80 ampères sous 100 volts dans les réservoirs.

Les filtres sont automatiques dans leur action, et l'installation fonctionne jour et nuit pratiquement sans surveillance. L'énergie dépensée à chauffer l'eau n'est pas tout à fait perdue, puisqu'elle sert à l'alimentation.

Un curieux procès. — Il y a quelques mois un millionnaire du sud de l'Afrique, M. Lionel Phillips, avait fait le projet de donner, dans sa résidence du Park Lane, à Londres, une grande soirée musicale, où devait assister Mme Melba et d'autres artistes distingués, et à laquelle il avait invité trois cents personnes de la plus haute aristocratie. Il fallut construire une salle provisoire dans son jardin, mais quelques minutes avant que la soirée ait commencé, le tout fut détruit par un incendie. Heureusement personne n'y était, et le dommage fut seulement matériel. Des meubles de grande valeur qui se trouvèrent dans la salle furent perdus.

Il y a quelques jours on a jugé le procès intenté par M. Phillips à l'installateur, qui avait établi cette salle temporaire. On a accusé l'installateur d'avoir fait preuve de négligence dans son installation de lumière électrique. Après une longue discussion et les discours des avocats les plus distingués, que les deux partis avaient engagés, le jury a été d'avis que l'incendie n'était pas causé par l'électricité, mais par des étincelles qui sont venues d'une cheminée du voisinage. Néanmoins, cela doit être une leçon importante pour tous ceux qui établissent ces installations provisoires, et l'éclairage par l'électricité doit être l'objet du plus grand soin, soit dans le choix des câbles, soit dans l'emploi de draperies qui ne soient pas inflammables.

L'éclairage des rues par des lampes à arc. — Dans un discours donné devant les ingénieurs-électriciens de Glasgow, M. Maxwell a dit que l'éclairage des rues n'exigeait pas une lumière excessive qui éblouit l'œil et qui cause la contraction de la pupille, mais plutôt un éclairage qui rend la rue claire et qui donne toute son intensité dans un angle situé au-dessous de l'horizon.

Pour cette raison, les lampes à arc bien placées sont infiniment supérieures aux lampes à gaz et à incandescence. Dans certaines rues de Partrick des groupes de 6 becs de gaz à incandescence, à 0,95 m l'un de l'autre, ont été remplacés par une seule lampe à arc à 12,5 ampères, l'arc étant situé à 8 m au-dessus du sol de la rue. Avec les becs de gaz, on avait bien assez de lumière, mais les objets sur la route, entre les lampes, à une distance de 30 ou 50 m n'étaient pas éclairés, et dans certains cas tout à fait invisibles, tandis qu'avec les lampes à arcs de pareils objets devenaient tout à fait visibles à une distance de 90 mètres dans des rues étroites.

La raison principale qui fait que l'éclairage à arc n'a pas été plus employé partout, provient de ce que les ingénieurs des stations ne consentent pas à des prix assez bas, probablement parce qu'ils ne réalisent pas, avec l'éclairage des rues, un facteur de charge de plus de 42 pour 100.

Le conférencier examine ensuite si on doit employer des arcs à air libre ou à vases clos. Le premier type est bien supérieur pour l'éclairage des rues, car il est moins coûteux et la couleur des lampes est de beaucoup plus agréable. On ne peut guère faire fonctionner plus de 5 lampes à vase clos en série, sur 480 v, tandis qu'on alimente 10 lampes à air libre dans les mêmes conditions. De plus une lampe à vase clos de 6 ampères ne donne pas autant de lumière qu'une lampe à air libre de 10 ampères. L'auteur de cette note est aussi d'avis que la lampe à arc à air libre de 10 ampères suspendue donne les résultats les plus satisfaisants dans la plupart des rues. Les globes de verre doivent être opales, juste assez pour que les charbons soient visibles à la lumière du jour. Si l'opacité est plus grande, trop de lumière est interceptée, et, si elle l'est moins, la lumière n'est pas suffisamment dispersée.

La hauteur d'un arc de 10 ampères devrait être de 6 mètres au-dessus du sol. La distance des lampes entre elles n'est pas aussi importante, vu que les lampes doivent être invariablement placées au coin des rues pour obtenir le meilleur effet.

Il est très important de commander les circuits des arcs des rues directement de la station par des câbles distincts. Grâce à ce moyen, le tout est sous l'observation et sous le contrôle des employés de la station, et on peut ainsi éviter d'éteindre toutes les lampes si une partie de la canalisation présente un défaut. Le coût d'installation de 400 lampes à arc de 10 ampères, en y comprenant les poteaux,



les résistances, les câbles, le travail de pose sur la voie publique, etc., est à peu près de 600000 francs, de telle sorte que le coût par an, toutes les charges comprises, se répartira de la façon suivante :

	Total pour 400 lampes. — Francs.	Par lampe. — Francs.
Amortissement et dépréciation 7 pour 100 sur 600000 fr	42 000	105
Charbons 75000 paires, à 112 fr les mille paires	8 425	20
Salaire de 7 employés	11 375	28
Réparation, peinture, etc.	2 500	6
Énergie consommée, 672000 kw-h à 10 centimes	70 000	175
Total	134 300	334

C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 février 1905.

Enregistreur à écoulement liquide de l'ionisation atmosphérique. — Note de M. Charles Nordmann, présentée par M. Lœwy. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Sur la chaleur dégagée dans la paraffine soumise à l'action d'un champ électrostatique tournant de fréquence élevée. — Note de MM. Ch.-Eug. Guye et P. Denso, présentée par M. Lippmann. — L'appareil se composait de quatre armatures métalliques disposées à angle droit et noyées dans la paraffine.

Au moyen d'un dispositif qui a fait l'objet d'une précédente étude, on produisait entre ces quatre armatures un champ électrostatique tournant dont la forme circulaire pouvait être minutieusement vérifiée à l'aide d'un appareil construit à cet effet (voy. *Éclairage électrique*, 7 mai 1904).

La chaleur dégagée dans la paraffine était mesurée par un couple thermo-électrique fer-constantan, dont l'une des soudures était placée au centre du champ tournant, tandis que l'autre soudure était disposée semblablement dans un appareil identique, mais dont les quatre armatures étaient isolées.

On pouvait ainsi faire agir le champ tournant dans l'un ou l'autre appareil et observer le déplacement correspondant du galvanomètre pour diverses tensions et diverses fréquences. Cette étude a conduit aux résultats suivants :

1° Pour une même fréquence l'énergie dégagée sous forme de chaleur est proportionnelle au carré de la tension; comme cela a été observé d'ailleurs par plusieurs expérimentateurs avec les champs alternatifs lents. Les limites de fréquence entre lesquelles cette relation se trouve vérifiée sont comprises entre 4000 et 1200 périodes à la seconde.

2° Pour une même tension, la puissance consommée sous forme de chaleur est proportionnelle à la fréquence;

3° Le rapport entre la puissance consommée dans le champ tournant à celle consommée dans le champ alternatif (à tension et fréquence égales) nous a fourni la valeur provisoire de 2,56. Toutefois, les expériences effectuées dans le but de déterminer ce rapport sont encore trop peu nombreuses; aussi le chiffre précédent n'est-il donné que sous toutes réserves.

En résumé, l'ensemble de cette étude complète, pour les fréquences élevées et pour le champ tournant, l'étude de l'hystérésis diélectrique de la paraffine. Les résultats qui en découlent permettent la discussion de quelques-unes des formules proposées pour représenter l'hystérésis diélectrique en fonction de la fréquence et de l'intensité du champ alternatif.

Sur l'électroïyse d'acides organiques au moyen du courant alternatif. — Note de MM. André Brochet et Joseph Petit, présentée par M. H. Moissan. — Outre la réaction commune à tous les acides oxygénés d'après laquelle l'anion agissant sur l'eau régénère l'acide avec mise en liberté d'oxygène, la plupart des acides organiques donnent lieu à des réactions spéciales, le plus souvent non réversibles, et leurs sels se comportent d'une façon identique.

Nous avons pensé que quelques-uns de ces acides donneraient avec le courant alternatif des résultats intéressants.

Dispositif employé. — L'appareil que nous avons utilisé pour cette série de recherches est constitué par une éprouvette contenant 150 cm³ de solution. Deux rubans de platine de 0,4 cm de largeur et 11 cm de longueur servent d'électrodes, leur surface utile est de 9 cm², ce qui correspond pour une intensité de 10 ampères (eff.) à une densité de courant de 1 ampère (moyen) par cm².

Dans ces conditions, l'échauffement est considérable et, bien que l'appareil soit placé dans un courant d'eau froide, l'électrolyte est rapidement porté à 60-70°. C'est ainsi qu'ont été faites toutes nos expériences; nous indiquons à l'occasion les essais poursuivis avec une plus faible densité de courant.

Le volume gazeux qui se dégage à chaque série d'essais est considérable; nous le donnons à titre d'indication. Le rendement est établi d'après le dosage de l'hydrogène.

Acide formique et formiates. — Sous l'influence du courant continu, ces produits sont décomposés d'après les équations suivantes :

$$HCOOH + 2F = CO^2 + H^2, \qquad (1)$$

$$HCOOK + H^2O + 2F = CO^3KH + H^2, \qquad (2)$$

$$\begin{matrix} HCOO \\ HCOO \end{matrix} > Ba + H^2O + 4F = CO^3Ba + CO^2 + 2H^2. \qquad (3)$$

Ces réactions ont été étudiées par de nombreux auteurs.

Le courant alternatif sinusoïdal, à 42 périodes par seconde, décompose ces mêmes produits dans les conditions que nous mentionnons plus haut avec un rendement élevé.

Comme électrolytes nous avons utilisé une solution de 250 g environ renfermant 10 cm³ d'acide sulfurique par litre, du formiate de potassium à 336 g par litre et une solution saturée à froid de formiate de baryum.

Avec l'acide formique, nous avons obtenu comme moyenne d'un certain nombre d'essais environ 60 cm³ de mélange gazeux par minute. D'après l'analyse, le rendement en hydrogène calculé d'après la quantité d'électricité est de 55 pour 100 environ et l'oxygène à 9 pour 100. Ce dernier gaz correspond à une électrolyse secondaire de l'eau. La destruction du formiate est donc à 46 pour 100 de la quantité prévue par la théorie.

Si l'essai dure un certain temps, les électrodes se dépolis-

sent et le rendement baisse. C'est ainsi que, dans un essai, la quantité de gaz dégagée par minute n'était plus au bout d'une demi-heure que la moitié de ce qu'elle était au début.

Lorsqu'on diminue la densité de courant le rendement baisse rapidement; avec 0,5 ampère par cm^2 il n'est plus que de 10 à 12 pour 100 et, avec 0,25 ampère par cm^2, de 5 pour 100.

Avec le formiate de potassium, les résultats sont extrêmement variables, les électrodes se recouvrent rapidement d'un léger dépôt de carbone, aussi le rendement baisse-t-il assez vite et faut-il faire de suite les mesures en ayant soin, avant chaque opération, de calciner les électrodes, ce qui leur rend leurs propriétés. Après une trentaine d'essais les rendements étaient du même ordre de grandeur. Le carbone obtenu n'est pas adhérent, il se répand dans le liquide et se dépose ensuite. Le gaz qui se dégage est de l'hydrogène presque pur ne renfermant qu'une très faible quantité d'oxygène et d'acide carbonique.

Le rendement en acide formique détruit, calculé d'après le dégagement d'hydrogène, correspond, pour différentes densités de courant, aux moyennes suivantes :

1	ampère par cm^2	80 à 90 pour 100.	70°-80°
0,5	—	30 à 40 —	50°-60°
0,25	—	10 à 15 —	15°-20°

Le formiate de baryum donne par minute environ 65 cm^3 d'un mélange d'hydrogène et d'acide carbonique, le rendement calculé d'après le premier correspond à 75 pour 100. Le liquide se trouble dès le début et les électrodes se recouvrent rapidement d'un dépôt formé d'un mélange de charbon et de carbonate de baryum.

Avec les formiates, le dégagement d'oxygène est insignifiant; dans tous les cas la formation d'oxyde de carbone est sensiblement nulle.

Acide oxalique. — La solution à 250 g et 10 cm^3 d'acide sulfurique par litre était versée tiède dans l'éprouvette, la circulation d'eau froide autour de l'appareil n'était établie que pendant le passage du courant. La quantité de gaz recueillie par minute est de 135 cm^3 environ, la destruction d'acide correspond à 80 pour 100 de la quantité calculée d'après la théorie.

Acide acétique. — La solution à 40 pour 100 additionnée d'acide sulfurique (2 pour 100) ne donne qu'un faible dégagement de gaz formé en majeure partie du mélange tonnant. Les électrodes se dépolissent rapidement et le volume gazeux tombe à zéro. L'essai n'est donc pas intéressant.

En résumé, l'électrolyse des acides formique et oxalique peut être facilement réalisée par le courant alternatif; les résultats sont les mêmes qu'avec le courant continu et les rendements sont très élevés.

Étude comparative sur l'action de la cage autoconductrice et du lit condensateur dans le traitement de l'hypertension artérielle par la d'Arsonvalisation. — Note de MM. A. Moutier et A. Challamel, présentée par M. A. d'Arsonval. (Voy. les *Comptes rendus.*)

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 1er mars 1905.

La séance est ouverte à 8h 40m, sous la présidence de M. Ch.-Ed. Guillaume, vice-président. Après la présentation des nouveaux membres et l'adoption du procès-verbal de la dernière séance, l'ordre du jour appelle la **Discussion de la communication de M. David sur les surtensions.**

M. Brylinski, qui a analysé avec beaucoup de soin les expériences de M. David, a cherché à chiffrer les résultats obtenus et, après une longue série de calculs, il arrive à montrer que le réseau peut en somme se réduire à un simple condensateur sur lequel il étudie les effets de la résonance en régime permanent. M. Brylinski démontre également qu'une ligne un peu longue constitue un étouffeur complet d'harmoniques; il ajoute, et on le comprend aisément, que plus la réactance de l'alternateur sera grande et plus l'étouffement sera rapide.

Les conclusions de la communication de M. Brylinski sont : 1° que tous les réseaux sont des étouffeurs d'harmoniques de régime permanent; 2° un réseau de lignes montées en parallèle est moins efficace qu'une seule ligne de même longueur totale.

M. le Président remercie M. Brylinski de la très intéressante contribution qu'il apporte à l'étude des surtensions et donne la parole à M. Bainville sur les **Nouvelles lampes à incandescence au tantale de MM. Siemens et Halske.**

Nous avons publié ici même [1] une étude complète sur cette lampe; nous n'y reviendrons pas, nous contentant d'ajouter les résultats de mesures récentes effectuées au Laboratoire central sur cette lampe.

M. Laporte, étudiant l'intensité de la lumière dans un plan horizontal, a trouvé une moyenne de 20 bougies. Dans un plan vertical, la répartition de l'intensité lumineuse est la suivante :

A la pointe.		4,5	bougies-décimales.
Sous un angle de 22°	avec la verticale	16,3	—
— 45°	—	16,3	—
— 90°	—	20,9	—
— 112°	—	19.7	—
— 135°	—	15,8	—

Les consommations mesurées sur trois échantillons ont donné les résultats suivants :

ÉCHANTILLONS.	TENSION EN VOLTS.	INTENSITÉ EN AMPÈRE.	PUISSANCE ABSORBÉE EN WATTS.	CONSOMMATION EN WATTS : BOUGIE.
N° 1	110	0,385	42,5	2,05
N° 2	110	0,360	39,5	2.06
N° 3	110	0,380	42	1,73

M. Korda rappelle, au sujet de la lampe au tantale, que les propriétés des corps réfractaires que l'on cherche à adapter aux lampes se trouvent réunies dans le carborundum. On a essayé de faire des filaments avec ce corps mais sans succès; il se demande si on n'y parviendra pas un jour.

M. le Président critique le mot de carborundum, et fait observer avec juste raison que c'est une corruption due

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 315 du 10 février 1905, p. 53.

aux étrangers de notre mot corindon; il montre ensuite l'erreur grossière que l'on est souvent amené à faire en estimant la température d'une source lumineuse d'après son impression sur l'œil, il fait remarquer que la composition de la lumière contient d'autant moins de rouge et de jaune que la température s'élève. Après avoir remercié M. Bainville de son exposé, M. le Président appelle la communication de M. Marius Latour sur **l'Arc au mercure et ses applications**.

M. Latour rappelle en quelques mots le principe de ces appareils; il ajoute qu'il faut, pour les rendre pratiques, améliorer la couleur et la stabilité de l'arc, tout en procurant un allumage facile. Il montre que la raison qui fait que l'arc ne s'allume pas, tient à ce qu'il n'y a pas de particules en suspension dans le vide, autour de la cathode de mercure.

M. Weimtraub, dont M. Marius Latour résume les essais, emploie des dispositifs ingénieux pour obtenir l'allumage à distance. Il dispose à cet effet, dans le tube de verre de la lampe, un noyau magnétique qui peut être attiré extérieurement par un solénoïde; ce noyau se termine par un filament de charbon plongeant dans la cathode en mercure, tandis que lui-même constitue l'anode. En envoyant un courant dans le solénoïde, le noyau se trouve attiré et l'arc s'amorce entre le filament et le mercure.

Stabilité. — Avec une tension de 100 volts, on ne peut guère descendre au-dessous de 3 ampères à cause de l'instabilité de l'arc, mais si on a soin de se servir à la cathode d'un fil de platine dont on laisse dépasser la pointe au-dessus de la surface du mercure, la limite de stabilité descend à 0,9 volt, ce qui constitue une amélioration sensible. La nature de l'anode et ses dimensions n'ont pas d'importance sur la stabilité de l'arc. On doit de plus, pour obtenir un bon fonctionnement : 1° avoir un bon vide; 2° prévoir une chambre de condensation pour les vapeurs de mercure: 3° intercaler une résistance en série avec la lampe.

Si l'activité de la cathode cesse, l'arc s'éteint; un arc au mercure ne peut donc fonctionner sur du courant alternatif; cependant M. Weimtraub a pu résoudre le problème en utilisant la propriété que possède cet arc de redresser le courant. Grâce à l'emploi de bobines de self, il a pu rendre le fonctionnement continu.

Pour améliorer la couleur, on a eu l'idée en Amérique de se servir des lampes à incandescence qui constituent les résistances qui doivent être en série avec l'arc. On place ces lampes dans un même globe holophane avec l'arc au mercure et on obtient une assez belle couleur. On a aussi essayé d'ajouter au mercure des métaux contenant du rouge dans leur spectre; avec du potassium et du sodium par exemple, on obtient de meilleurs résultats qu'avec le mercure seul, mais ces corps attaquent rapidement le verre.

De nombreux applaudissements montrent l'intérêt que la Société a pris à cette communication.

M. Pellat rappelle que les bobines de self préconisées par M. Latour pour le fonctionnement sur le courant alternatif sont très utiles aussi dans le cas du courant continu.

M. Ch.-Ed. Guillaume demande à M. Latour quel est le débit maximum d'une de ces lampes, et si ces appareils se répandent.

M. Latour répond qu'on est allé jusqu'à 30 ampères, que l'on emploie surtout l'arc au mercure en Amérique comme redresseur pour la charge des accumulateurs d'électromobiles et quelque peu pour l'éclairage des parcs et des salles de dessin.

M, Guillaume présente en terminant une lampe au mercure en quartz d'un travail fort difficile, mais qui est presque inattaquable par le potassium ou le sodium; il pense qu'on pourrait avec elle essayer d'améliorer la couleur de la lumière trop riche jusqu'ici en rayons verts.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 11h 5m.

A. S.

JURISPRUDENCE

MAGNÉTOMÈTRES — COURANTS ÉLECTRIQUES APPAREILS INFLUENCÉS PAR LE VOISINAGE D'UN TRAMWAY FIL DE RETOUR

L'Université de Paris, grâce à la munificence de M. Bischoffsheim, possède à Nice un observatoire qui a pour mission (nous empruntons cette définition à l'arrêté du Conseil de préfecture dont il va être parlé bientôt), « de suivre d'une manière continue et ininterrompue par l'observation combinée d'appareils de mesures absolues et d'appareils enregistreurs l'évolution des divers paramètres qui définissent à chaque instant la direction et l'intensité du champ magnétique terrestre au lieu où il se trouve » et de fournir, en les extrayant de ses archives, les différents renseignements qui peuvent lui être demandés à cet égard par tous les services publics ou particuliers appelés à faire usage de boussoles et par les savants s'occupant de recherches relatives au magnétisme terrestre. Cet observatoire a fonctionné dans les conditions les plus satisfaisantes du 29 octobre 1882 jusqu'au 1er juin 1900. Mais à partir de cette date une ligne de Tramways électriques, la ligne de Nice et du Littoral, dont la création avait été décidée quelque temps avant, a été mise en exploitation, et dès lors les instruments enregistreurs, affolés, dépourvus de tout élément de certitude, n'ont plus donné naissance qu'à des graphiques tout à fait fantaisistes. M. Bischoffsheim, qui a conservé sa vie durant l'usage de cet observatoire, et l'Université de Paris, comme nu-propriétaire, ont alors assigné la Compagnie de Tramways devant le Conseil de préfecture en réparation du dommage à eux causé par ce travail public, et estimant qu'ils ne pourraient continuer leurs recherches qu'au prix d'un déplacement complet de leur

pavillon d'observation et que ce déplacement n'entraînerait pas une dépense inférieure à 100 000 fr, ils ont fixé à cette somme le montant de leurs revendications devant la juridiction administrative. Les questions que cette autorité avait à examiner étaient les suivantes : Se trouvait-on véritablement en présence d'un dommage causé par un travail public? Ce dommage était-il direct et matériel comme il doit l'être pour donner naissance à une indemnité? Résultait-il bien du voisinage de la ligne?

Dans ce mélange de questions de droit et de fait le Conseil de préfecture crut d'abord devoir recourir à une expertise; et sur le rapport conforme des hommes de l'art il a, par arrêté du 27 février 1904, condamné la Compagnie des Tramways de Nice et du Littoral à payer aux demandeurs une somme à peu près égale au montant de leur réclamation, soit 94 616,25 fr.

Nous laisserons de côté les arguments de fait sur lesquels le Conseil s'est appuyé pour arriver à cette fixation. C'est une pure question d'espèce dépourvue de toute utilité. Mais il nous paraît intéressant d'extraire de l'arrêté les principaux considérants qui paraissent avoir entraîné la décision du Conseil.

Les juges commencent par emprunter au rapport des experts les passages qui leur permettent d'affirmer que la désorganisation des appareils enregistreurs est bien due à l'installation de la ligne de Tramways de Nice et du Littoral. Voici ces principaux passages :

A aucune époque antérieure à 1900, les graphiques des appareils magnétiques enregistreurs de l'Observatoire de Nice n'ont offert de singularités analogues; ni les fluctuations habituelles du champ magnétique terrestre, ni même les orages magnétiques les plus violents n'ont, à aucune époque, donné aux graphiques une allure aussi profondément troublée et un aspect aussi différent de leur aspect habituel....

Actuellement, à aucune heure du jour quelconque, en dehors de l'intervalle compris entre minuit et quatre heures du matin, le pavillon magnétique ne peut trouver les moments de calme magnétique nécessaires à l'emploi de ses appareils de mesure absolue de la direction et de l'intensité du champ magnétique terrestre; cette absence absolue de calme magnétique est attestée d'une manière tout particulièrement frappante par les enregistreurs automatiques d'Adis et de Mascart....

Les instruments de mesure absolue du pavillon magnétique sont aujourd'hui constamment troublés aux heures où ces appareils doivent être normalement consultés..., il en est de même pour les enregistreurs automatiques....

Le bel établissement scientifique créé par M. Bischoffsheim se trouve, par le fait de ce trouble, amputé en quelque sorte d'un de ses organes, diminué aux yeux du monde scientifique, en tant que mis dans l'impossibilité d'apporter sa contribution à l'enquête magnétique que font avec tant de zèle et de soin tous les grands observatoires du monde entier....

Il faudrait nier l'évidence et contester les principes fondamentaux de la recherche scientifique pour ne point voir, d'après ces résultats, dans les courants électriques, renvoyés des voitures de la ligne de Contes à l'usine Sainte-Agathe, partie par les rails et partie par le sol, la cause certaine des troubles dont sont affectés les tracés actuels des appareils enregistreurs magnétiques de l'Observatoire de Nice...

Les courants renvoyés des voitures de la ligne des tramways à traction électrique de Nice à Contes, dans les conditions normales de son fonctionnement, telles qu'elles résultent des conditions mêmes de son établissement, sont les causes des bavures qui défigurent si profondément et rendent inutilisables les graphiques des appareils enregistreurs du pavillon magnétique, ainsi que celles des troubles rendant impossible l'observation correcte des appareils magnétiques de ce même pavillon.

Et forts de ces constatations le Conseil conclut dans les considérants suivants :

Considérant que les conclusions des experts sont positives et formelles sur l'existence du dommage lui-même, sur sa réalité, sur son importance :

Considérant qu'il résulte de tous les éléments de l'instruction, du rapport des experts, que les dommages articulés par les demandeurs et pour lesquels ils demandent une indemnité de 100 000 fr, sont justifiés; que ces dommages constituent, non pas un simple mécompte scientifique, non pas une gêne momentanée imputable au passage d'un train, mais bien une perte absolue, une privation complète de jouissance inhérente à un droit non moins complet, non moins absolu de propriété;

Considérant que ce droit de propriété et de jouissance doit être aussi scrupuleusement respecté en matière exceptionnelle, dans le domaine scientifique que dans le domaine ordinaire; que ce droit de propriété et de jouissance est et doit être essentiellement invariable, et non point subordonné à telle espèce de propriété;

Considérant que le dommage est direct; qu'il résulte, en effet, des constatations et analyses faites par les experts qu'antérieurement à la mise en exploitation de la ligne électrique de Nice à Contes, les appareils magnétiques enregistraient avec précision et clarté toutes les observations recueillies; que, depuis cette mise en exploitation, ces mêmes appareils sont frappés d'affolement, qu'ils sont devenus impuissants à retenir de façon nette et positive ce qu'ils doivent enregistrer;

Considérant qu'il y a donc évidemment une relation étroite, directe de cause à effet;

Considérant que le dommage est matériel; que ce mot matériel ne peut être interprété dans son sens exclusif et absolument littéral; qu'il peut d'ailleurs varier suivant les faits de la cause soumise à l'impartial examen du juge;

Considérant que l'atteinte physique, matérielle, portée à la propriété ne saurait résider dans le simple coup de pioche donné au mur et provoquant ainsi son éboulement, dans l'ébranlement des fondations annonçant la chute prochaine du pavillon;

Considérant qu'en dehors de ces atteintes absolument directes, il y a des dommages qui, sans dégrader matériellement la propriété, l'affectent néanmoins dans ses conditions essentielles, pour ainsi dire dans sa vie matérielle, et lui causent parfois une dépréciation énorme;

Considérant, qu'il est de justice d'étendre l'attribution de ce mot matériel, de lui donner un champ plus vaste, plus conforme à la logique, en admettant que tout dommage causé à la propriété, à son mode d'exploitation, que sa diminution de valeur, qu'une privation de jouissance facilement appréciable constituent une série de faits établissant un dommage matériel;

Considérant qu'il y a incontestablement dommage matériel quand les experts affirment : que tous les appareils du pavillon magnétique sont devenus inaptes à leur destination et partant inutilisables en leur place actuelle;

Considérant qu'il y a dommage matériel quand ils ajoutent : « Le fonctionnement de ce pavillon magnétique n'a plus aucune espèce de valeur, et doit forcément être arrêté;

Considérant que, si le pavillon magnétique reste, demeure immeuble matériellement intact, il n'est plus le pavillon magnétique réalisant le but poursuivi, pouvant répondre à sa

primitive et seule destination, et ce, malgré toutes les diverses précautions minutieuses spéciales, particulières de fondation, construction, couverture et autres prises pour assurer son isolement complet, sa tranquillité passive, pour le soustraire à toutes les influences étrangères autres que celles dérivant du magnétisme terrestre proprement dit;

Considérant que, si les appareils magnétiques enregistreurs, les magnétomètres subsistent toujours, ils ne constituent plus là où ils sont des appareils de précision parfaite, de fidèles enregistreurs; qu'instruments devenus éminemment variables, fous, capricieux, ils sont inutilisables là où ils se trouvent;

Considérant que, soit le pavillon magnétique, soit les appareils qui le composent sont frappés, matériellement frappés dans leur destination propre, exclusive, essentielle; qu'ils ne répondent plus et ne peuvent plus répondre au but proposé et qu'ils avaient si parfaitement atteint depuis 1882 jusqu'en 1900.

Nous pensons que ces motifs ne sont pas exagérés et qu'ils ne constituent pas une extension abusive de l'attribution au Conseil de préfecture de tous dommages résultant de l'exécution des travaux publics. Il y a bien un point qu'autrefois on aurait pu essayer de faire valoir : c'est que ces dommages ne résultaient peut être pas tant de la *construction* que de l'*exploitation* de la ligne : encore que la distinction entre ces deux sortes de dommages soit difficile à faire. Mais on sait, nous avons eu l'occasion de le dire ici-même, qu'elle a perdue aujourd'hui toute valeur. Sans doute la question présentait une difficulté particulière à raison de la nature du dommage ressenti. Pourquoi, pouvaient dire les défendeurs, M. Bischoffsheim et l'Université se plaindraient-ils plutôt de l'influence produite sur leurs appareils par notre établissement industriel que de celle exercée par tous autres éléments naturels? Peuvent-ils prétendre à un monopole et demander à être mis à l'abri non seulement des tramways de la Compagnie défenderesse mais de tous les tramways à venir concédés ou à concéder?

Lorsqu'une aiguille aimantée, objectaient-ils, et nous empruntons ces lignes à la *Gazette des Tribunaux* du 19 juin 1900, est suspendue librement à un fil très flexible ou sur un pivot, elle prend une direction bien déterminée qui est en chaque point la direction du pôle, au moins d'une manière approximative; cette direction de l'aiguille aimantée vers le pôle est attribuée à ce que l'on appelle le magnétisme terrestre, qui est la résultante des actions isolées de toutes les masses de substances magnétiques, de tous les courants électriques qui circulent dans le monde; la direction de l'aiguille aimantée n'est pas rigoureuse, l'on constate de faibles irrégularités qui se manifestent sans règle commune, soit sous l'influence du magnétisme terrestre, soit sous celle de causes extra-terrestres, parmi lesquelles l'apparition des taches du soleil.

Depuis longtemps, la science, pour étudier ces variations, pour en découvrir les lois, a inventé des appareils appelés magnétomètres, c'est-à-dire des boussoles extrêmement sensibles et précises pouvant enregistrer les plus petites variations. Ces magnétomètres enregistreurs éprouvent l'influence de toutes les causes extérieures; toutes les substances dites magnétiques ont sur eux une influence toute naturelle; les courants électriques circulant à plus ou moins grande distance exercent sur eux cette même influence.

Cette influence des causes extérieures sur les magnétomètres était parfaitement connue de M. Bischoffsheim. M. Bischoffsheim, en créant son pavillon magnétique et en y plaçant des appareils par leur nature et leur destination extrêmement sensibles à toutes les influences magnétiques, agissait à ses risques et périls et ne pouvait se créer un droit vis-à-vis des services publics et privés dont l'exploitation normale pouvait, soit approcher des masses de fer desdits appareils, soit dégager des courants électriques et influencer ces appareils, soit pour empêcher leur exploitation, soit pour faire indemnité d'une influence qui rentrait dans la nature même des appareils et, par conséquent, dans les prévisions de leur établissement.

Mais il est clair que ces raisons n'étaient pas décisives. Ne pourrait-on pas objecter également à la blanchisserie qui voit ses produits salis par la fumée répandue en excès d'une locomotive circulant dans son voisinage qu'il est dans la nature des choses que les objets blancs soient salis par le contact ou le dépôt des poussières et des fumées, et que si l'industriel qui est placé à sa tête au lieu d'exercer cette industrie avait pris, par exemple, le commerce de charbonnier il n'aurait souffert aucun préjudice?

La Compagnie défenderesse soutenait encore qu'elle n'avait fait que conformer l'installation de ses lignes aux règles en usage et aux textes qui avaient présidé à sa concession et qu'on ne pouvait relever à son passif aucune faute d'installation. Mais on sait qu'il ne suffit pas pour échapper à toute cause de responsabilité de justifier d'une exacte observation des lois et que l'article 1382 ouvre en toutes circonstances une action en réparation aux victimes d'un dommage même involontaire.

D'ailleurs dans le traité même de concession on pouvait relever les passages suivants :

La Compagnie des Tramways de Nice et du Littoral est autorisée, à *ses risques et périls*, à faire circuler, etc...

Nonobstant les autorisations accordées et l'exécution même rigoureuse des mesures de précaution prescrites par le présent arrêté, le concessionnaire demeurera responsable envers l'État et les tiers en général des dommages que pourraient causer l'établissement ou l'exploitation de ses installations;

Il demeure notamment entendu que, même après application des dispositions prévues aux articles 6 et 7, le concessionnaire sera toujours responsable des dégâts provenant des phénomènes d'électrolyse.

Et le Conseil de préfecture avait pu s'appuyer sur ces passages de l'acte de concession pour dire :

Considérant que les termes de cet article ne sont vraisemblablement pas clause de style; qu'ils sont rigoureux et formels, que l'équivoque est impossible; qu'ils établissent l'entière responsabilité de la Compagnie à l'égard des tiers pouvant résulter soit de l'installation de la ligne électrique de Nice-Contes, soit de sa mise en exploitation; que ces termes disent cette responsabilité entière, malgré l'application rigoureuse et complète faite par la Compagnie. des dispositions prévues aux articles 6 et 7;

Considérant qu'il faut retenir que l'administration concédante a, dans sa diligente préoccupation, prévu, en quelque sorte, le dommage produit au pavillon magnétique, en songeant notamment aux dégâts provenant des phénomènes d'électrolyse; la Compagnie sera toujours responsable des

dégâts provenant des phénomènes d'électrolyse (article 9 *in fine*).

La solution eût-elle été la même si la ligne avait été pourvue d'un fil de retour? Les experts ne le pensent pas.

Nous sommes, disent-ils, à la suite d'une expérience faite à ce sujet, autorisés par là à énoncer comme un fait que si les courants amenés par le fil aérien de la ligne de Nice à Contes aux voitures circulant sur cette ligne avaient comme conducteur de retour, non pas en partie les rails de la voie et en partie le sol, mais un fil de cuivre spécial, isolé du sol comme le fil aérien lui-même, les troubles qui, dans l'état actuel des choses, sont ressentis par les appareils magnétiques de l'Observatoire n'auraient pas lieu et, par suite, la question de dommage ne se poserait pas.

Mais la pose de ce fil, à raison de 4000 fr par km ne pouvait être imposée à la Compagnie qui n'y était pas tenue en vertu de son cahier des charges.

Nous ignorons si l'arrêté du Conseil de préfecture a été soumis au Conseil d'État. Dans le cas où celui-ci aurait été saisi et viendrait à statuer sur la question, nous ferions connaître sa décision. Elle serait d'autant plus intéressante à enregistrer que dans une espèce voisine il paraît s'être laissé inspirer par des principes tout à fait opposés et c'est ainsi que nous pouvons signaler un arrêt du 23 juillet 1897 dans lequel il a décidé que la simple gêne résultant pour des expériences scientifiques de l'établissement d'une voie ferrée ne donne pas lieu à indemnité.

Adrien Carpentier,
Agrégé des Facultés de droit,
Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

BIBLIOGRAPHIE

Le Graissage et les lubrifiants, par Archbutt et Mountford Deeley. Ouvrage traduit de l'anglais par G. Richard. — *Vve Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 255 × 165 mm; 546 pages. Prix : 20 fr.

En veine de production, l'infatigable mécanicien qu'est M. G. Richard nous fait passer, sans respirer, de l'américain à l'anglais, comme l'annoncent les titres successifs de ses deux derniers travaux. Ce n'est pas qu'il ait, en différenciant ainsi ses publications, la prétention de se montrer polyglotte; cette ambition serait peut-être, en l'espèce, un peu exagérée. Sa distinction est plus fine et plus intelligente, et le certificat d'origine ainsi délivré à ses travaux a une portée intéressante pour ses lecteurs et, par suite, pour lui-même. Si, en effet, tout ce qui touche à la machine-outil se recommande tout particulièrement de son extraction américaine, la longue expérience mécanique et le caractère plus scientifique, ou tout au moins plus savant et sérieux, des Anglais signalent plus avantageusement l'étude actuelle sur le graissage industriel.

Quant à présenter, comme le fait la préface anglaise, cet ouvrage comme le seul dans lequel cette question du graissage et des lubrifiants ait été mise au courant des connaissances actuelles au point de vue des ingénieurs et des chimistes, il en est peut-être ainsi en Angleterre; mais rien ne le confirme, en ce qui nous concerne, dans la traduction et nous ne saurions oublier que plusieurs autres livres sur le même sujet, dont nous avons rendu compte ici à plusieurs reprises, ornent déjà nos bibliothèques. Que celui-ci soit cependant d'un niveau plus élevé et de plus large envergure, qu'il soit en même temps plus complet que ses devanciers, nous ne le méconnaissons pas, et à ce titre seul, il méritait d'être connu en France où il sera certainement apprécié à sa juste valeur. Il ne restera, lors d'une prochaine édition que nous souhaitons, qu'à mieux harmoniser le langage mécanique avec les principes si féconds et si clairs de l'homogénéité, qui aura probablement pénétré d'ici-là dans le milieu trop systématiquement arriéré auquel les électriciens ont donné l'exemple du progrès.

Comme l'indique son sous-titre « Théorie et pratique du graissage. Nature, propriétés et essais des lubrifiants », ce livre traite, tout d'abord au point de vue théorique, du frottement, de la viscosité des liquides et du graissage. Dans les chapitres suivants il s'occupe de la nature, des propriétés et de l'essai des lubrifiants, et se termine enfin par la description et la discussion des applications des lubrifiants à la réduction des frottements dans les machines.

L'ouvrage original est, comme le précédent, complété par une annexe avouée du traducteur qui n'a eu du reste qu'à puiser dans sa *Revue de mécanique* si bien remplie, les sujets relatifs au graissage qui s'y trouvent disséminés. C'est ainsi qu'en passant de mains en mains intelligentes et sérieuses, les œuvres se complètent et se perfectionnent et font rejaillir sur leur traducteur même et malgré lui une partie du reflet et du renom mérités qui s'y attachent.

E. Boistel.

Traité théorique et pratique d'Électricité, par Pécheux, avec Notes additionnelles de Blondin et Néculcea et Préface de Violle. — *Ch. Delagrave*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25 × 16 cm; 720 pages. — Prix : (?).

Parmi les nombreux traités d'électricité auxquels nous faisions tout récemment allusion ici, il en est peu qui se recommandent d'autant de patrons que celui-ci. C'est pour lui une distinction des plus honorables. Il semble que, en accolant leurs noms à celui de M. Pécheux que nous ne connaissions pas, MM. Blondin et Néculcea, connus de tous et auteurs de Notes additionnelles, ainsi que M. Violle lui-même, aient voulu, dès sa première entrée dans le monde des publicistes, lui donner une consécration toute particulière pour laquelle nous leur faisons entière confiance, faute de savoir à quelles circonstances l'auteur doit pareille bonne fortune.

Professeur de physique et de chimie à l'École nationale d'Arts et Métiers d'Aix, M. Pécheux semble bien avoir voulu tout d'abord publier son cours essentiellement *pratique*, comme il sied à son auditoire, et c'est en effet la première destination donnée par le titre à ce livre « à l'usage des élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers ». Comment, dans quel but et par quel privilège ce volume s'est-il amplifié et dénaturé de manière à s'offrir en même temps « aux candidats à l'École supérieure d'Électricité et à la Licence »? Nous ne le voyons pas et ne comprenons pas bien la nécessité de cette transformation. Autant, en effet, nous manquons et on manquera longtemps encore de bons livres techniques tempérant de l'eau salutaire de la pratique le vin pur de la science, sans en diminuer la générosité, autant nous sommes bien, pour ne pas dire surabondamment, lotis en ce qui concerne les crus de science pure. Personne n'ignore d'ailleurs que MM. Blondin et Néculcea étaient de taille à produire seuls, sans aucun patronage, le volume scientifique qu'ils nous donnent ici en notes. Il est à craindre que le livre « à deux fins » auquel ils ont attaché leurs noms ne constitue par leurs Notes mêmes une source de tentations pour les premiers destinataires et une distraction étrangère, supérieure, si l'on veut, mais plutôt nuisible à l'objet immédiat de leurs études essentiellement pratiques, en les entraînant trop facilement dans l'abstraction mathématique au lieu de les laisser dans la réalité physique.

Ceci dit avec le désir de nous tromper sur le caractère un peu hybride que nous attribuons à ce traité en raison même de la distinction et des qualités respectives de ses multiples co-auteurs, nous lui souhaitons néanmoins tout le succès d'ensemble dû à chacun d'eux en particulier et saluons l'intervention nouvelle de la librairie Delagrave dans notre littérature scientifique. E. Boistel.

L'Électricité pour tous, par H. de Graffigny. — *E. Bernard*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25 × 16 cm; 323 pages. — Prix : 6 fr.

« La roche Tarpéienne était près du Capitole ». — Comment n'y pas songer en voyant le titre de cet ouvrage et pensant à M. Claude dont nulle concurrence n'a pu, jusqu'à son vingt-deuxième mille, distancer *L'Électricité à la portée de tout le monde*. — Devrait-il déchanter en présence de ce nouveau venu et lui céder la suite d'un succès inouï jusqu'à ce jour en électricité? — A vrai dire, je ne le crois pas, et, malgré les apparences, il semble que l'auteur ait voulu, avant l'accusation même, se défendre d'une confusion en inscrivant sur le titre « Ouvrage *inédit* et rédigé d'après un plan nouveau ». — « Inédit »! Qu'est-ce que cela pourrait bien signifier sinon « à ne pas confondre avec le voisin »; car, enfin, dès qu'un ouvrage est paru il n'est pas inédit: il est, au contraire, édité. Quant au plan nouveau, s'il ressemble à bien d'autres ouvrages de prétendue vulgarisation, il est, en tout cas, différent du précédent en ce que l'œuvre de M. Claude est réellement scientifique et d'un savant doué d'un merveilleux talent d'exposition et qu'elle initie les plus rebelles à l'intelligence des phénomènes électriques en eux-mêmes, tandis que le livre ici présenté ne contient guère que l'historique et la description des appareils électriques par lesquels *l'électricité* luit *pour tous*, comme le soleil luit pour tout le monde.

Puisse-t-il justifier d'ailleurs cette assertion donnée par la Préface de l'éditeur que, « sans s'écarter d'une *précision rigoureuse*, l'auteur expose, dans le style remarquablement clair et facile qui lui est particulier,... »! Ce serait déjà un très grand mérite. Nous attendons de l'expérience la consécration de cette appréciation; et, puisque ce sont maintenant les éditeurs eux-mêmes qui font, sous forme de préface, la bibliographie de leurs publications (et Dieu sait s'ils s'y connaissent ou les connaissent), nous n'avons plus qu'à nous incliner et à leur passer la main. E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, *boulevard de la Madeleine, Paris.*

346 968. — **Société Felten.** — *Isolateur pour conducteurs aériens avec chambre intérieure réceptrice de bobines de self-induction, de dispositifs parafoudres ou d'autres appareils* (29 août 1904).

339 341. — **Camaescasse.** — *Nouveau dispositif d'alterno-moteur ou d'alterno-générateur simple à vitesse et à facteur de puissance réglables* (26 décembre 1903).

347 142. — **Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie.** — *Dispositif de télégraphie sans fil* (17 octobre 1904).

347 149. — **Deutsche Telephonwerke R. Stock und Cie.** — *Installation pour les bureaux téléphoniques avec distribution du service* (18 octobre 1904).

347 179. **Anderson.** — *Récepteur téléphonique* (18 octobre 1904).

347 098. — **Société d'électricité Calida.** — *Trembleur rapide* (14 octobre 1904).

347 152. — **Gregory.** — *Pile sèche à régénération* (15 octobre 1904).

347 189. — **Tomlinson.** — *Perfectionnements aux commutateurs électriques* (18 octobre 1904).

347 024. — **Charbonneaux.** — *Transformateur des courants de haute tension en effluves statiques* (18 octobre 1904).

339 247. — **Berry et Mouillaud.** — *Système de moteur magnétique* (30 novembre 1903).

347 297. — **Ziegenberg.** — *Procédé de préparation par immersion des plaques de peroxyde de plomb* (12 octobre 1904).

347 249. — **Allgemeine Electricitäts Gesellschaft.** — *Compteur d'ampères-heures, pour courants continus* (20 octobre 1904).

347 305. — Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft. — *Système d'embrayage électro-magnétique pour compteurs d'électricité à double mouvement pour installations à deux tarifs* (21 octobre 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Compagnie Parisienne de l'air comprimé. — *Assemblée Générale ordinaire des actionnaires du 15 octobre 1904.* — Rapport présenté par le Conseil d'Administration. — Nous conformant aux prescriptions de l'article 26 des statuts, nous vous avons convoqués en Assemblée générale pour soumettre à votre approbation les comptes arrêtés au 30 juin 1904 et vous présenter les résultats de l'exercice écoulé.

Comme de coutume, avant de vous entretenir du bilan et du compte de Profits et Pertes, nous allons vous donner les renseignements statistiques relatifs à la longueur de nos canalisations et à la situation de nos abonnements.

Électricité. — En fin d'exercice nos canalisations électriques se décomposaient de la façon suivante :

	Longueur des canalisations en m.	Longueur des câbles en m.
Circuits de haute tension	20 408,00	40 816,00
Feeders à deux conducteurs de 1000 mm	34 873,97	69 747,94
Sous-feeders à cinq conducteurs	23 401,30	117 006,50
Sous-feeders à trois conducteurs (Sentier)	1 903,00	5 709,00
Sous-feeders à deux conducteurs	8 254,90	16 509,80
Réseau à cinq fils	94 456,80	472 284,00
Réseau à trois fils (Sentier)	2 153,90	6 461,70

Le nombre de compteurs électriques appartenant à notre Compagnie s'élevait à 4854.

Air comprimé. — Au 30 juin 1904 la situation de nos canalisations était la suivante :

		Longueur en m.
Force motrice :	Conduites	263 042,95
	Branchements	89 775,00
	Total	352 817,95

		Longueur en m.
Horloges :	Conduites	63 497,11
	Branchements	6 336,15
	Total	69 833,26

Abonnés. — *Électricité* :

Abonnements signés au 30 juin 1904	4 812
Abonnés en service	4 757

Les abonnements signés comprennent :

Lampes à incandescence.	
Nombre de lampes à incandescence ramenées à la valeur moyenne de 16 bougies	255 170
Arcs (nombre 5553).	
Équivalent en lampes de 16 bougies (huit lampes en moyenne par arc)	44 424
Moteurs (nombre 1118).	
Équivalent en lampes de 16 bougies	47 903
Ascenseurs (nombre 217).	
Équivalent en lampes de 16 bougies	14 596
Appareils de chauffage et applications diverses de l'électricité (nombre 202).	
Équivalent en lampes de 16 bougies	7 143
Nombre représentatif total en lampes de 16 bougies	369 136

Les polices en service au 30 juin 1904 comprennent un nombre représentatif total en lampes de 16 bougies de 363 678.

Ce qui correspond à un nombre de lampes de 10 bougies de 581 885.

Air comprimé :

Abonnés ayant signé des polices au 30 juin 1904	2648
Abonnés en service au 30 juin 1904	2565
Nombre de moteurs en service	823
Représentant en chevaux	1716
Nombre d'applications diverses en service	325
Nombre d'ascenseurs en service	2024

(Cette dernière catégorie d'abonnements est en nouvelle augmentation de 417 appareils sur l'année précédente.)

Horloges :

Nombre d'abonnés en service au 30 juin 1904	1410
Nombre de pendules	3937
Nombre de mouvements	2192

Bilan. — Nous vous signalerons :

A l'Actif, le compte des dépenses de premier établissement montant, amortissement déduit, à	47 660 312,14 fr.
Contre, au 30 juin 1903	46 799 547,71
En augmentation de	860 764,43 fr.
Au Passif, le compte spécial d'amortissement du premier établissement dont le solde s'élève à	18 621 330,31 fr.
Contre, au 30 juin 1903	13 489 197,52
En augmentation de. Montant des amortissements de l'exercice.	5 132 132,79 fr.
D'autre part, le solde du compte des créditeurs divers dont le montant s'élevait au 30 juin 1903 à	9 956 052,11 fr.
A été ramené à	5 705 790,47
En diminution de	4 250 261,64 fr.

par suite de nouveaux remboursements effectués sur les avances qui nous avaient été consenties.

Compte d'exploitation. — Les produits nets de l'Exploitation, pendant l'exercice, se sont élevés :

Pour l'électricité, à	5 153 896,89 fr.
Pour l'air comprimé, à	633 104,32
Ensemble	5 787 001,21 fr.

L'exercice précédent avait donné :

Pour l'électricité	4 759 297,77 fr.
Pour l'air comprimé	540 075,33
Ensemble	5 299 373,10 fr.

Les résultats sont en augmentation :

Pour l'électricité, de	394 599,12 fr.
Pour l'air comprimé, de	93 028,99
Soit au total, de	487 628,11 fr.

Profits et Pertes.

Le compte de Profits et pertes laisse un solde créditeur de	5 132 132,79 fr.
L'exercice précédent avait donné	4 399 534,25
L'augmentation d'une année sur l'autre est de	732 598,54 fr.
Le montant des intérêts payés au cours de l'exercice 1902-1903 s'était élevé à	691 003,00 fr.
Il s'est abaissé pour l'exercice 1903-1904, à	438 944,50
Soit une diminution de	252 057,50 fr.

provoquée par le remboursement partiel de nos dettes.

Par application de l'article 41 de nos statuts, nous vous proposons de porter, comme précédemment, au compte spécial d'amortissement de Premier établissement le solde créditeur du compte de Profits et Pertes.

Conseil d'administration. — Conformément au désir manifesté par la majorité des actionnaires dans l'Assemblée générale du 7 novembre 1903, votre Conseil d'aministration s'est adjoint, le 13 novembre dernier, deux nouveaux membres MM. Aimé le Bègue et Émile Frachon. Nous soumettons ces nominations à votre ratification.

Les pouvoirs de M. le baron de Plancy, qui avait été réélu administrateur à l'Assemblée générale ordinaire du 29 octobre 1898, expirent cette année. Nous vous proposons sa réélection.

Bien qu'il n'ait pas été fait usage de l'autorisation que vous avez donnée l'an dernier, nous vous demanderons, comme à l'ordinaire, et à titre éventuel, d'accorder aux administrateurs faisant partie d'autres Sociétés, les autorisations prévues par la loi de 1867, pour le cas où la Compagnie aurait à traiter des affaires avec ces Sociétés.

BILAN AU 30 JUIN 1904

Actif.

Dépenses de premier établissement	63 583 978,33	
Moins amortissement	15 723 666,19	
		47 660 312,14 fr.
Avances sur travaux et commandes		230 649,95
Compteurs électriques		667 775,90
Mobilier		23 846,05
Cautionnements		328 491,25
Loyers d'avance versés par la Compagnie		34 728,55
Espèces en caisse et dans les banques		486 768,35
Approvisionnements		915 038,46
Débiteurs divers		790 029,59
Total		51 137 645,24 fr.

Passif.

Capital	25 000 000,00 fr.
Compte spécial d'amortissement du premier établissement	18 621 330,31
Avances sur consommation	1 224 066,50
Loyers d'avance reçus par la Compagnie	5 157,00
Fournisseurs	581 298,96
Créditeurs divers	5 705 790,47
Total	51 137 645,24 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Debit.

Intérêts et commissions	438 945,30 fr.
Loyers, impôts, assurances et divers des locaux vides	3 470,00
Allocation au Conseil d'administration et aux Commissaires des comptes	35 200,00
Participation de la direction et du personnel dans les produits de l'exploitation	153 607,20
Droits sur actions	996,15
Amortissement du mobilier	2 649,57
Solde porté au compte spécial d'amortissement du premier établissement	5 152 132,79
Total	5 787 001,21 fr.

Crédit.

Production de l'exploitation :	
Électricité	5 133 896,89 fr.
Air comprimé	653 104,32
Total	5 787 001,21 fr.

Rapport du Commissaire des comptes. — J'ai l'honneur de vous exposer les résultats de la mission dont vous avez bien voulu me charger en me confiant de nouveau le mandat de Commissaire des comptes pour l'exercice 1903-1904.

En exécution de ce mandat, j'ai procédé à la vérification des principaux chapitres du Bilan qui vous est présenté pour cet exercice et j'ai contrôlé les comptes compris dans ces chapitres avec les pièces justificatives s'y rapportant : comptes courants de Banques, situations et pièces de caisse, contrats et pièces de comptabilité.

J'ai constaté la régularité des écritures sociales dont les soldes de la balance sont en complet accord avec les chiffres des comptes actuellement soumis à votre approbation.

Je me suis en outre assuré de la réalité des existences en magasin.

Et — comme à l'ordinaire — j'ai constaté le bon ordre des services de votre Société.

Les divers chapitres du Bilan n'offrent rien de particulier à signaler à votre attention, les différences accusées par ces divers chapitres avec ceux du Bilan précédent n'étant que les conséquences des opérations sociales.

Exploitation. — Profits et pertes. — Les produits nets de l'exploitation se sont élevés à 5 787 001,21 fr.

Toutes charges annuelles déduites (intérêts, commissions, allocations, etc.) le compte de profits et pertes se balance par un solde créditeur s'élevant à 5 152 132,79 fr.

En vertu de l'art. 41, titre VI, des statuts, ce solde est appliqué au compte spécial d'amortissements.

Il résulte de ce qui précède que les comptes de l'exercice 1903-1904, sont exacts et fidèlement résumés dans le Bilan dressé au 30 juin dernier.

Il n'a pas été fait usage de l'autorisation conférée par la sixième résolution de la dernière Assemblée générale.

En conséquence, Messieurs, je conclus à l'approbation des Comptes et du Bilan de l'exercice 1903-1904, ainsi qu'ils ont été établis et tels qu'ils vous sont présentés.

Résolutions votées par l'Assemblée générale. — *Première résolution.* — L'Assemblée générale, lecture faite des rapports du Conseil d'administration et du Commissaire aux comptes, approuve le rapport du Conseil d'administration, le Bilan et les Comptes tels qu'ils sont établis et présentés pour l'exercice 1903-1904.

Deuxième résolution. — L'Assemblée générale confirme la nomination comme Administrateurs, faite provisoirement par le Conseil d'administration, le 13 novembre 1903, de MM. Aimé le Bègue et Émile Frachon.

Troisième résolution. — L'Assemblée générale réélit comme administrateur, M. le baron de Plancy, administrateur sortant.

Quatrième résolution. — L'Assemblée générale fixe, comme précédemment, la valeur des jetons de présence du Conseil d'administration, pour l'exercice 1904-1905, à la somme globale de 54 000 fr.

Cinquième résolution. — L'Assemblée générale nomme comme Commissaire aux comptes pour l'exercice 1904-1905, M. Vial, et fixe son allocation à la somme de 2000 fr.

L'Assemblée générale désigne comme Commissaire suppléant M. Delange et fixe son allocation à la somme de 200 fr.

Dans le cas où ce dernier aurait à remplir les fonctions de Commissaire, son allocation serait portée à 2000 fr.

Sixième résolution. — L'Assemblée générale donne à ceux des Administrateurs qui font partie de l'Administration d'autres Sociétés, les autorisations prévues par la loi de 1867, à raison des affaires qui pourraient être traitées par la Compagnie Parisienne de l'Air comprimé avec ces Sociétés.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

51 730. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 318. **25 Mars 1905.**

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, BOULEVARD ST-MICHEL. — PARIS. TÉLÉPHONE 812-89	PARIS ET DÉPARTEMENTS : 24 FRANCS PAR AN. UNION POSTALE : 26 FRANCS PAR AN.	9, RUE DE FLEURUS, 9 PARIS. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

La surveillance des lignes électriques. — Le *Journal officiel* du 17 mars publie le décret suivant relatif au personnel chargé de la surveillance des lignes électriques et, subsidiairement, de dresser les procès-verbaux constatant les crimes, délits et contraventions relatifs à ces lignes :

« LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

« Vu l'article 10 du décret-loi du 27 décembre 1851 ainsi conçu : « Les crimes, délits ou contraventions prévus dans « la présente loi pourront être constatés par les procès- « verbaux dressés concurremment par les officiers de police « judiciaire, les commissaires et sous-commissaires préposés « à la surveillance des chemins de fer, les inspecteurs des « lignes télégraphiques, les agents de surveillance nommés « ou agréés par l'administration et dûment assermentés.

« Ces procès-verbaux feront foi jusqu'à preuve contraire ».

« Vu le décret du 23 avril 1883, portant organisation des services extérieurs de l'administration des postes et des télégraphes;

« Vu le décret du 20 mars 1886, rattachant le service technique au service de l'exploitation;

« Vu le décret du 13 novembre 1897, attribuant le titre de rédacteur aux commis principaux et commis attachés aux directions et aux services spéciaux;

« Vu le décret du 17 janvier 1902, portant organisation d'un corps spécial d'ingénieurs des postes et des télégraphes;

« Sur la proposition du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes;

« Décrète :

« ART. 1er. — Sont chargés de la surveillance des lignes servant à l'échange des correspondances et signaux par l'électricité ou par tout autre moyen, les fonctionnaires, agents, sous-agents et ouvriers affectés, à quelque titre que ce soit, au service de la construction et de l'entretien des lignes électriques de l'Etat.

« ART. 2. — Le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois.* »

Fait à Paris le 9 mars 1905.

Nous manquions de fonctionnaires commissionnés. La lacune est aujourd'hui comblée. Doux pays!

La houille blanche à Lyon. — Pour l'alimentation des tramways de Lyon, la Société grenobloise de Force et Lumière doit établir deux transports d'énergie. L'un, dont nous avons parlé dans notre numéro du 25 janvier dernier, empruntera la force motrice d'une chute d'eau située à Moutiers et sera établi suivant le système à courant continu, dit système série. Mais afin d'avoir toute sécurité dans l'exploitation de cet important service de traction, la Société grenobloise a décidé la création d'un second transport de force motrice et elle a adopté pour celui-ci les courants alternatifs triphasés.

L'usine génératrice sera située sur la rive droite de la Romanche, à Gavet, près de Séchilienne, à 150 km de Lyon. La hauteur de la chute qu'elle utilisera est de 60 m, et le canal est prévu pour un débit maximum de 20 m^3 : s, soit une puissance totale de 9000 poncelets, qui peut tomber à environ 3700 poncelets au moment des basses eaux.

Cette usine comportera, au début, trois alternateurs de 1500 kw chacun, tournant à 375 tours par minute et produisant des courants triphasés à 4000 volts. Deux excitatrices séparées, de 110 kw chacune, fourniront le courant d'excitation de ces alternateurs.

La Société grenobloise de Force et Lumière a chargé MM. Schneider et Cie, qui ont de vastes ateliers d'électricité à Champagne-sur-Seine (Seine-et-Marne), de cette importante fourniture, ainsi que de celle de cinq groupes récepteurs de 560 kw chacun.

Ce transport d'énergie par courants triphasés sera un des plus remarquables qui aient été conçus et exécutés en outre de celui du Drac (usine génératrice d'Avignonet), dont les réseaux de distribution ont été établis par la Société grenobloise de Force et Lumière, et de celui du Vercors (usine génératrice du Bournillon) qui fournissent la force motrice et l'éclairage dans toute la région de Grenoble, Vienne et Annonay, et dont le matériel a été également exécuté par MM. Schneider et Cie.

L'Exposition de Milan en 1906. — On sait qu'à l'occasion de l'inauguration du percement du Simplon, on organise en Italie une exposition en partie internationale qui s'ouvrira à Milan en 1906. Une section intéressante de cette exposition sera certainement celle relative à la métrologie et à la métrologie rétrospective dont nous reproduisons ci-dessous l'exposé et la classification.

Exposé. — La mécanique de précision et la métrologie qui en forme une partie intégrante, contribuèrent efficacement dans le siècle passé et contribuent non moins efficacement encore aujourd'hui au développement des sciences physiques et techniques. Il n'existe aucun problème scientifique ou technique dont la solution ne dépende pas de quelques mesures fondamentales et c'est justement la métrologie qui forme le champ où se fit sentir le plus et se fait sentir encore la nécessité d'une sage collaboration du savant et du praticien qui devraient s'aider mutuellement.

Dans les grandes Expositions les produits de la métrologie — et justement parce qu'aucune industrie ou science appliquée ne peut s'en passer — se trouvaient généralement disséminés dans les différentes Expositions spéciales, de sorte qu'ils échappaient facilement à l'attention du visiteur et qu'il était difficile, même presque impossible, à ce dernier de se faire une idée claire et exacte de la métrologie, considérée dans son ensemble, et de ses conditions.

Pour éviter cet inconvénient, le Comité de l'Exposition de Milan en 1906 a jugé utile de faire de la métrologie une division spéciale qui comprendra aussi une Exposition rétrospective de la métrologie. Le but de cette décision est justement de mettre en pleine évidence : la haute importance de la métrologie à n'importe quel point de vue qu'on la considère; ses progrès rapides dans ces derniers temps en Italie aussi bien qu'à l'étranger; les liens étroits qui l'unissent aux plus délicates recherches scientifiques, aux inventions les plus ingénieuses de la technique, aux applications incessantes et variées de la science qui caractérisent notre époque.

Métrologie et métrologie rétrospective. — Première catégorie. — *Métrologie appliquée aux arts, aux professions, aux industries, au commerce :*

1re classe. — *Longueurs et directions.* — Mesures de longueurs, chaînes, stadia, télémètres, goniomètres, boussoles, clisimètres, éclimètres, appareils phototopographiques, niveaux, différents instruments pour les levées, les dessins et les calculs topographiques.

2e classe. — *Capacités et volumes.* — Mesures et appareils y relatifs, compteurs à gaz et à eau. — Appareils d'essais.

3e classe. — *Énergies physiques.* — Instruments pour mesures électriques et magnétiques. — Thermométrie et calorimétrie. — Densimètres, manomètres, dynamomètres. — Instruments pour mesures optiques, photomètres, spectroscopes, microscopes, etc. — Appareils d'essais.

4e classe. — *Temps.* — Horlogerie; horloges et montres, cadrans électriques; compteurs, etc.

5e classe. — *Poids.* — Poids, séries de poids, balances, pesons, différents appareils peseurs.

6e classe. — *Résistance des matériaux.* — Appareils pour leur détermination. — Fleximètres, micromètres, etc.

7e classe. — *Appareils pour diverses mesures.* — Appareils spéciaux pour les diverses industries. — Appareils en usage dans l'hydrométrie, l'hydrographie, l'hydraulique, dans les différentes applications scientifiques. — Sondes, hydromètres, marégraphes. Mesureurs de vitesses, sismomètres, sismographes, etc.

8e classe. — *Appareils pour l'usage professionnel et commercial.* — Planimètres, règles et machines à calcul, compteurs enregistreurs (caisses automatiques), etc.

9e classe. — *Services métriques dans les différents États.* — Lois, règlements, publications, études.

Deuxième catégorie. — *Métrologie de précision :*

1re classe. — *Instruments pour la détermination et subdivision des longueurs.* — Étalons de longueur, comparateurs, cathétomètres, sphéromètres, micromètres, dilatomètres.

2e classe. — *Instruments pour la détermination des masses.* — Étalons de poids, balances de précision.

3e classe. — *Instruments pour la détermination du temps.* — Pendules, chronomètres, chronographes, instruments de passage.

4e classe. — *Instruments de précision pour déterminer les températures, les pressions, l'humidité, les courants électriques, les résistances, etc.*

5e classe. — *Instruments de précision pour les mesures terrestres.* — Appareils pour la mesure des bases, théodolites, niveaux de précision, boussoles, etc.

6e classe. — *Instituts scientifiques métrologiques dans les différents États.* — Installations, fonctionnement, recherches, publications.

Troisième catégorie. — *Métrologie rétrospective :*

1re classe. — Anciens systèmes de poids et de mesures. — Échantillons relatifs ou copies. — Instruments pour peser et mesurer.

2e classe. — Tables de comparaison, dessins, publications.

Le Président du Comité exécutif.
C. Mangili.

Le Secrétaire général
Ing. E. Stefini.

La délégation pour la onzième division : Bellini, Ing. Giovanni, Cavazzana, Antonio Celoria, Prof. Giovanni.

Le V. Président de la Commission des Transports par Terre
Ing. A. Campiglio.

Le Secrétaire de la Commission des Transports par Terre
Ing. Pietro Mallegori.

Alliages magnétiques. — M. le Dr Heusler est parvenu à produire des alliages possédant des propriétés magnétiques en employant pour leur préparation des métaux non magnétiques. M. E. Heusler a donné deux échantillons à M. Gumlich, du laboratoire impérial allemand; celui-ci a procédé à des essais dont il donne les résultats dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 2 mars.

D'après l'analyse, ces alliages avaient la composition suivante :

Le n° 1 contenait 61,5 pour 100 de cuivre, 23,5 pour 100 de manganèse, 15 pour 100 d'aluminium et 0,1 pour 100 de plomb.

Le n° 2 contenait 67,7 pour 100 de cuivre, 20,5 pour 100 de manganèse, 10,7 pour 100 d'aluminium et 1,2 pour 100 de plomb.

Les deux échantillons présentaient en outre des traces de fer et de silicium.

Les deux échantillons furent tournés sous la forme de tiges de 18 cm de long et 0,6 cm de diamètre, ce qui ne présenta aucune difficulté pour le deuxième échantillon, mais fut difficile à réaliser pour le premier qui était tout à fait fragile.

M. Gumlich a obtenu les résultats suivants, pour :

$$\mathcal{H} = 30 \;—\; 60 \;—\; 100 \;—\; 120 \;—\; 150$$

On a pour le 1er échantillon :

$$\mathcal{B} = 3750 — 4000 — 4100 — 4200 — 4250.$$

Pour le 2e échantillon :

$$\mathcal{B} = 1530 — 1600 — 1750 — 1765 — 1820.$$

On a également étudié l'influence des variations de température : après un refroidissement de 10 heures à la température de l'air liquide, on n'a constaté aucun changement; après échauffement, l'alliage n° 1 n'ayant montré aucune modification fut laissé de côté. Quant à l'échantillon n° 2, on le soumit pendant 9 heures à un échauffement à 79°, puis pendant 27 heures à 110° (point d'ébullition du toluol), les propriétés magnétiques s'étaient profondément modifiées. Ainsi on obtint pour les valeurs de $\mathcal{H}$ données plus haut, les valeurs correspondantes de l'induction :

$$\mathcal{B} = 2440 — 2600 — 2645 — 2760 — 2820.$$

On continua de chauffer pendant 544 heures, et on arriva aux valeurs suivantes (à partir de là les valeurs de l'induction n'augmentent plus quand on prolonge la durée de l'échauffement) :

$$\mathcal{B} = 2760 — 2880 — 3000 — 3040 — 3060.$$

Toutes les autres propriétés magnétiques : susceptibilité, perméabilité, etc., augmentent quand l'échantillon a été chauffé pendant un certain temps.

Nouveau balai de dynamo. — L'*Elektrotechnische Zeitschrift* donne les renseignements suivants sur un nouveau balai fabriqué par la « Svenska Dynamoborstfabriken » de Stockholm.

Ces balais sont désignés sous le nom de balais de bronze-charbon. La substance employée n'est pas un simple mélange de bronze et de poussière de charbon, mais est constituée par de la poussière de graphite, dont chaque parcelle est recouverte d'abord de cuivre, puis d'étain. La méthode employée pour obtenir ce résultat est naturellement tenue secrète; on peut par pression donner à la masse la dureté que l'on désire; on emploie pour cela une presse hydraulique. L'ensemble est ensuite fortement chauffé, de sorte que l'étain s'allie au cuivre pour former du bronze, et la masse a un aspect homogène. La masse peut se polir et se souder; comme en outre elle contient 20 pour 100 de graphite, elle est onctueuse et favorable à l'entretien du collecteur.

Des essais entrepris au Laboratoire royal de recherches de Stockholm ont montré que la résistance de contact de ces balais est la même que celle des balais en cuivre.

La figure 1 donne la perte en watts : cm², par suite de la résistance de contact, d'un nouveau balai (courbes en traits pleins) pour différentes vitesses du collecteur (en abscisses de 1 à 15 m à la seconde) et différentes densités de courant, 1,5 et 10 A par cm², et les courbes correspondantes (en traits

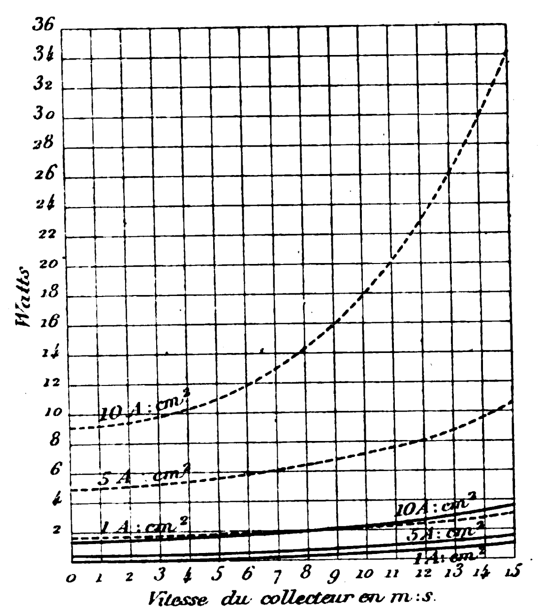


Diagramme de la puissance absorbée en fonction de la vitesse avec les nouveaux balais.

pointillés) pour un balai de charbon ordinaire. Comme le montrent ces courbes, qui ont été relevées sur une dynamo à 110 v, la différence est énorme, particulièrement pour des densités de courant élevées : ainsi, avec une densité de 10 A par cm² à une vitesse de 15 m : s, la perte est de 34,5 w : cm² pour un balai en charbon ordinaire, tandis qu'avec le nouveau balai, elle n'est que de 3,4 w : cm².

Les nouveaux balais donnent les mêmes résultats que ceux en charbon au point de vue de la suppression des étincelles. Ils s'usent un peu plus vite que les balais ordinaires, mais attaquent beaucoup moins le collecteur.

La Compagnie électrique de la Loire. — Au 30 avril 1904 cette Compagnie desservait 10 069 métiers à tisser actionnés électriquement, dans la Loire et la Haute-Loire, où on estime que le nombre total des métiers à tisser est de 25 000 à 28 000.

La Société possède actuellement quatre usines à vapeur à Saint-Étienne et deux usines hydrauliques l'une sur la Loire, l'autre sur le Lignon. La puissance totale est de 4200 poncelets, et sera portée prochainement à 6450 poncelets par l'adjonction d'une nouvelle usine hydraulique à Pont-de-Lignon.

L'usine de Montaud à Saint-Étienne, achevée en 1901, a une puissance de 900 poncelets et a été prévue pour 1800. La nouvelle usine du Lignon desservira Saint-Étienne par une ligne de transport triphasée à 30 000 v à établir sur poteaux en fer.

Les principaux clients de la Société sont les tisseurs de rubans de velours, ils représentent 60 pour 100 des recettes.

Ce qui a fait surtout le succès de la nouvelle distribution est la facilité d'aménager la commande électrique; la transformation est simple et les frais ne dépassent pas 100 à 150 fr. A Lyon où il n'est pas possible de transformer aussi facilement les métiers et où la transformation revient à 1300 fr, en moyenne par métier le changement est beaucoup plus lent malgré l'installation de la caisse de prêts aux tisseurs qui fait les avances.

Les métiers sont commandés par des moteurs à champ tournant et il y a à la fois suppression du travail physique de l'ouvrier et augmentation du rendement; la Compagnie a remarqué que les anciens métiers à barres ne sont pas remplacés intégralement mais qu'il y a un assez fort déchet dû à ce que la production par métier a augmenté.

La Compagnie peut fournir le moteur, ou bien vérifier si un moteur installé répond à certaines conditions; elle peut faire retirer un métier surchargé; le tarif pour les métiers à rubans est de 10 fr par mois de 30 jours pour les fabriques de 2 métiers au moins, à la condition que le moteur nécessaire à une fabrique de 2 métiers ne soit pas d'une puissance supérieure à 360 watts, et à 550 watts pour une fabrique de 3 métiers. Toute augmentation de puissance du moteur donnera lieu à une augmentation proportionnelle de prix.

Il est formellement interdit, sous peine de suppression immédiate de l'énergie motrice, d'utiliser le courant fourni par la Compagnie pour faire de la lumière.

L'usage de l'énergie motrice est limité à onze heures par jour comprises entre six heures du matin et midi et entre une heure et demie et sept heures du soir, dimanches et fêtes légales exceptés.

Toutefois la Compagnie se réserve la faculté de réduire à 10 heures par jour la distribution d'énergie et sans modification des tarifs d'abonnement.

En cas de chômage de deux jours au moins il est fait une réduction proportionnelle sur le montant de l'abonnement mensuel, étant expliqué qu'il est entendu par chômage la privation de chargement.

Le tarif n'est pas exagéré, il est de 120 fr par an pour un moteur dont la puissance varie entre 180 et 550 watts, or le rendement de ces petits moteurs est très faible et la Compagnie fournit l'énergie électrique totale.

A Lyon le tarif est de 75 fr mais sans clause de chômage, à Genève et à Neufchâtel le demi-cheval-an revient à 350 fr.

La clause du chômage est appliquée uniquement par cette Société, et cela réduit beaucoup des recettes qui peuvent être estimées à 75 ou 80 fr par métier et par an; dans les meilleures années il n'a jamais atteint 90 fr; au mois d'août 1903 l'apport par métier a été de 3,21 fr au lieu des 10 fr prévus. En somme l'œuvre de la Société est absolument philanthropique, le capital engagé n'a pas été rémunéré pendant les 7 premières années et actuellement l'intérêt touché est de 3 pour 100. Le but éminemment démocratique cherché par le fondateur de la Société M. François Gillet a été certainement atteint.

(*La Houille blanche*).

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

ÉTRANGER

Braïla (Roumanie). — *Station centrale.* — Il paraîtrait que la Roumanie commence à élever de grandes stations centrales. Elle en possède déjà deux remarquables, l'une à Bucharest, l'autre à Braïla. La première est encore en construction. La seconde est en pleine activité. Cette usine fournit le courant continu à une ligne de tramways de 24,5 km de longueur et alimente un réseau d'éclairage. Le service est fait par 20 voitures motrices et 4 remorques. La salle des machines contient 3 dynamos Hélios dont les induits, servant de volants, sont calés directement sur les arbres des machines à vapeur verticales compound.

Chacun des groupes générateurs peut fournir 185 kw. La couronne portant les inducteurs est venue de fonte avec deux semelles permettant son assise sur deux socles parallèles à l'arbre de la machine; sous chaque patin est fixé un écrou entraîné par un arbre fileté commandé lui-même par un volant à main. Ce dispositif de translation, en déplaçant tout le système inducteur parallèlement à l'axe, rend l'induit accessible pour les visites et les réparations éventuelles; un démontage long et pénible est ainsi évité.

Quintana (Espagne). — *Station centrale.* — On vient de mettre en activité l'usine centrale Quintana-Martin-Galindez, distante de 78 km de Bilbao. Elle appartient à la Societa Hidroelectrica Iberica, à Bilbao, et a été établie par la Société Siemens-Schückert. La station primaire comporte des turbines de 750 poncelets chacune, à 375 tours par minute pour la commande de générateurs triphasés de 3000 volts.

L'usine est installée pour une puissance de 3000 kw environ et fournira plus tard du courant à Bilbao, concurremment avec la centrale de Puentelarria, encore en construction, et distante de 70 km. Cette dernière station centrale se construit pour une tension de 30 000 volts et une production de 4500 poncelets.

A Bilbao, où les deux lignes se rencontrent, on a construit une station de transformation où la tension est réduite de 30 000 à 3000 volts. En vue d'agrandissements ultérieurs, cette station est prévue pour une puissance totale de 12 000 kw.

La ville de Bilbao a un grand besoin d'énergie électrique, tant pour diverses industries que pour l'éclairage. La même Société fait encore bâtir une troisième usine centrale à environ 100 km de Bilbao, à Leizaran (18 km de San Sebastian) qui sera prochainement mise en service. Cette station centrale est également prévue pour une tension de 30 000 volts et une production d'environ 3000 kw. On projette de transporter une grande partie de cette énergie à Bilbao.

Kettering (Angleterre). — *Station centrale.* — Nous apprenons qu'on a récemment inauguré une nouvelle centrale à Kettering, en Angleterre, alimentée en partie par des gaz d'un destructeur d'immondices.

Les chaudières sont prévues pour une pression de 10 kg : cm². L'équipement de la salle des machines comprend 4 machines Willans et Robinson. Les deux grandes sont de plus couplées avec deux dynamos de 155 kw fournies par MM. Parker et Cie. Ce sont des machines shunt à six pôles.

Les deux autres groupes électrogènes ont chacun une puissance de 37,5 kw et sont connectés de chaque côté du réseau à trois fils.

Les deux dynamos de chaque groupe sont absolument interchangeables. De cette façon, si l'induit d'une des dynamos venait à être endommagé, il peut immédiatement être remplacé par celui d'une autre machine; en reliant alors cette machine de l'un ou de l'autre côté sur le réseau à 3 fils, on opère un certain équilibre.

Les accumulateurs servant de batterie-tampon ont été installés par Arb Electrical Power Storage C° et ont une capacité de 450 ampères-heures au régime de décharge de 150 ampères. Il y a en tout 240 éléments divisés en 2 batteries, dont une pour chaque côté de la distribution. Ces batteries sont traitées comme des unités complètes. Il n'y a pas d'éléments de réglage. Mais on a installé deux dynamos auxiliaires réversibles.

La vitesse des groupes générateurs est de 850 tours par minute. Les moteurs sont reliés entre les fils extrêmes. Les dynamos auxiliaires donnent 90 volts dans chaque direction sous 135 ampères de charge.

Le tableau de distribution a été fourni par M. Cox Welkers, de Darlington. Il porte les appareils ordinaires bien connus et a été soigneusement étudié pour éviter les accidents et les incendies.

MOTEURS ÉLECTRIQUES A COURANT CONTINU

DÉMARRAGE ET FREINAGE PAR RHÉOSTAT-COMPOUND

Il est de pratique courante de graduer le courant au démarrage des moteurs électriques en plaçant *en série* avec celui-ci un rhéostat que l'on enlève progressivement. De même, lorsqu'il s'agit d'effectuer un arrêt rapide, le moteur est mis en *court-circuit* avec cette résistance toujours *en série* et annulée progressivement de façon à augmenter le freinage. Ce procédé universellement adopté n'est cependant pas le meilleur lorsqu'il s'agit d'obtenir du moteur des arrêts en un point précis, malgré les différences de charge comme dans les monte-charges ou ascenseurs, commande des tourelles cuirassées, etc. Quels que soient les organes destinés à proportionner le freinage dû au courant de court-circuit, on observe toujours des dénivellations aux arrêts, suivant la charge; celles-ci proviennent en majeure partie de la disposition en série du rhéostat. En effet, celui-ci ne peut qu'absorber de l'énergie, et il est toujours difficile, sinon pratiquement impossible, de le proportionner de façon que, dans un temps constant ou pendant une course déterminée du moteur (à partir de la mise en court-circuit), il absorbe exactement l'énergie cinétique, variable du système. De plus, si l'on cherche à ralentir le moteur le plus possible avant de le mettre en court-circuit ou freinage, on reconnaît que cette vitesse minimum reste toujours élevée et qu'il n'est pas possible de trop s'en approcher sans risquer un arrêt anticipé; ceci est dû à ce que la constance absolue du courant n'existe pas, que celui-ci oscille légèrement suivant les fluctuations des frottements, etc., en sorte que, si l'on intercale la résistance maximum produisant le plus fort ralentissement possible, on se trouvera dans une zone de fonctionnement très irrégulier : l'énergie cinétique du système compensant à certains moments l'insuffisance du courant, à d'autres moments celui-ci étant plus élevé qu'il n'est utile. Il y a donc arrêt irrégulier et mal défini.

Ces causes principales d'irrégularité sont considérablement améliorées par le dispositif du rhéostat compound, ainsi dénommé parce qu'une de ses parties R_1 est en série avec le moteur, et l'autre, R_2, en dérivation avec celui-ci (fig. 1). Ce dispositif a des propriétés toutes particulières que nous allons calculer, mais qu'on peut prévoir *a priori*. Supposons un moteur en dérivation ayant une force contre-électromotrice e qu'on peut considérer en pratique comme proportionnelle à la vitesse, une résistance R branchée sur la différence de potentiel U. un des balais de l'induit branché au négatif, et l'autre à un point quelconque du rhéostat R. Celui-ci étant continu, si on considère comme $=0$ le potentiel du négatif, U sera celui du positif en croissant régulièrement tout le long du rhéostat. Si l'on branche le moteur au point E où le potentiel est E, et si la force contre-électromotrice du moteur est e et inférieure à E, le moteur sera actionné par un courant tendant à l'entraîner; si, au contraire, e est supérieur à E, le moteur sera traversé par un courant inverse retardateur. On peut donc abaisser le potentiel de E, et partant la vitesse du moteur, en freinant l'énergie cinétique sans crainte de la voir s'arrêter, le moteur est conduit par une action double jusque près de son arrêt; de plus, on reconnaît par le calcul et expérimentalement que le moteur peut être beaucoup plus

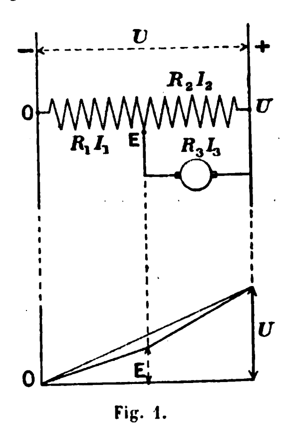


Fig. 1.

ralenti sans arrêt anticipé, parce que les variations de I en fonction de e ou de la vitesse sont plus grandes qu'avec le rhéostat en série.

La valeur I_3 du courant qui traverse l'induit peut se trouver aisément en posant :

$$E = U - R_1I_1 = e + R_3I_3 = I_2R_2$$

d'où

$$I_2 = \frac{e + R_3I_3}{R_2},$$

on a aussi

$$R_1 = R - R_2 \quad \text{et} \quad I_1 = I_2 + I_3.$$

La 2e et la 3e égalité donnent par substitution de R_1 et I_1

$$U - (R - R_2)(I_2 + I_3) = e + R_3I_3$$

d'où

$$e = U - (R - R_2)I_2 - (R - R_2)I_3 - R_3I_3,$$

remplaçant I_2 par sa valeur

$$e = U - (R - R_2)\frac{e + R_3I_3}{R_2} - (R - R_2)I_3 - R_3I_3$$

effectuant en partie le 2e membre.

$$e = U - \left(\frac{R}{R_2} - 1\right)(e + R_3I_3) - (R - R_2)I_3 - R_3I_3$$

$$e = U - \left(\frac{R}{R_2}e + \frac{R}{R_2}R_3I_3 - e - R_3I_3\right) - (R - R_2)I_3 - R_3I_3$$

d'où

$$e = U - \frac{R}{R_2}(e + R_3I_3) + e + R_3I_3 - (R - R_2)I_3 - R_3I_3$$

après réduction

$$U-\frac{R}{R_2}(e+R_3I_3)-(R-R_2)I_3=0 \qquad (1)$$

d'où

$$U-\frac{R}{R_2}e=\left(\frac{RR_3}{R_2}+R-R_2\right)I_3$$

d'où

$$I_3=\frac{U-\frac{R}{R_2}e}{R-R_2+\frac{RR_3}{R_2}}.$$

I_3 est donc positif ou négatif, suivant que la valeur du terme $\frac{R}{R_2}e$ est plus grande ou plus petite que U, c'est-à-dire qu'il y a freinage ou impulsion suivant le point $\frac{R}{R_2}$ où l'on place la manette du rhéostat et la vitesse proportionnelle à e du moteur en cet instant.

Quand le moteur est en marche de régime sans rhéostat, on a $R_2=R$ qui, portés dans la valeur de I_3, donnent bien la valeur connue

$$I_3=\frac{U-e}{R_3},$$

on tirerait aisément de l'équation (1) la valeur de e :

$$e=\frac{UR_2-(RR_3+RR_2-R_2^2)I_3}{R}.$$

La valeur de R se détermine arbitrairement, quoiqu'elle ne doive pas être trop élevée pour que le courant d'alimentation I_1 soit supérieur à I_3, mais R étant choisi, comme nous le verrons, par des considérations pratiques, R_2 se trouve déterminé : reprenons l'équation (1) sous la forme :

$$U-\frac{R}{R_2}(e+R_3I_3)=(R-R_2)I_3,$$

multipliant par R_2

$$UR_2-R(e+R_3I_3)=R_2RI_3-R_2^2I_3,$$

$$R_2^2I_3+(U-RI_3)R_2-(Re+RR_3I_3)=0,$$

d'où

$$R_2^2+\frac{U-RI_3}{I_3}R_2-\frac{Re+RR_3I_3}{I_3}=0.$$

Si l'on pose :

$$\frac{U-RI_3}{I_3}=A \quad \text{et} \quad \frac{Re+RR_3I_3}{I_3}=B,$$

on a

$$R_2^2+AR_2-B=0,$$

d'où

$$R_2=-\frac{A}{2}\pm\sqrt{\frac{A^2}{4}+B}.$$

Le radical est toujours positif, on ne peut avoir de valeurs R_2 négatives.

Les valeurs composant A et B sont connues *a priori*, comme nous le verrons dans l'application suivante :

Prenons un moteur en dérivation et posons :

$U=110$ volts;

$e=100$ volts en régime à 1500 tours par minute;

$R_3=0,5$ ohm;

$I_3=20$ ampères (constante déterminée par la charge).

Le rhéostat étant disposé comme l'indique la figure 2, on voit que le courant dérivé dans R est coupé à l'arrêt et en pleine marche. Nous choisirons la valeur de R, en

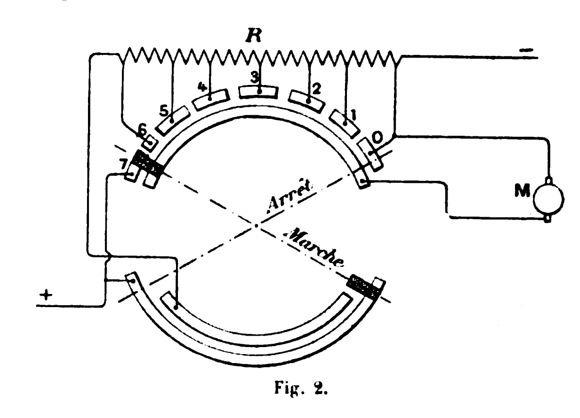


Fig. 2.

sorte que le courant dérivé atteigne au maximum 1,5 fois l'intensité normale à la rupture, soit 20 . 1,5 = 30 ampères; la valeur de R sera ainsi de $\frac{110}{30}=3,65$ ohms. Divisons le rhéostat en 6 plots et faisons démarrer le moteur sur le plot 1 avec une intensité $I=1,2$ fois l'intensité normale I_3, soit $I=1,2 \,.\, 20=24$ ampères.

1[er] *plot* :

$$e=0$$

$$A=\frac{110-3,65 \,.\, 24}{24}=0,94 \qquad B=\frac{3,65 \,.\, 0,5 \,.\, 24}{24}=1,825$$

d'où

$$R_2=-0,47+\sqrt{\frac{0,884}{4}+1,825}=0,96 \text{ ohm}.$$

Le moteur démarre et développe une force contre-électromotrice :

$$e=\frac{110 \,.\, 0,96-[(3,65 \,.\, 0,5)+(3,65 \,.\, 0,96)-0,96^2]20}{3,65}=4,8 \text{ v},$$

ce qui correspond à :

$$1500 \,.\, \frac{4,8}{100}=72 \text{ tours par minute}.$$

2[e] *plot*. — Ici on a $e=4,8$ volts; augmentons un peu l'intensité de démarrage partiel, soit $I=1,5\, I_3=30$ ampères, d'où

$$A=\frac{110-3,65 \,.\, 30}{30}=0,0166.$$

$$R_2=-0,0083+$$

$$+\sqrt{\frac{0,000275}{4}+\frac{(3,65 \,.\, 4,8)+(3,65 \,.\, 0,5 \,.\, 30)}{30}}=1,545,$$

$$e = \frac{170 - (1,825 + 3,62 - 2,4)20}{3,65} = 19,2,$$

soit :

$$\frac{1500 \cdot 19,2}{100} = 290 \text{ tours par minute.}$$

3e *plot.* — On a $e = 19,2$ volts; prenons $I = 2\,I_3 = 40$ A, nous trouverons pour $R_2 = 2,4$ et pour $e = 46$; en continuant ainsi de proche en proche, nous obtiendrons au

4e *plot.* — $e = 46$ au commencement du démarrage partiel; conservons $I = 2I_3$, on aura $R_2 = 2,95$ et e à la fin du démarrage $= 67$.

5e *plot.* — $e = 67$ au départ, $I = 2I_3$, et on a $R_2 = 3,31$ et $e = 83,5$.

6e *plot.* — Il n'y a plus de résistance en série, et on obtient un dernier démarrage partiel avec une intensité

$$I = \frac{U - e}{R_3} = \frac{110 - 83,5}{0,5} = 53 \text{ A}.$$

Le moteur atteint son régime à 1500 tours avec

$$e = 100 \text{ volts} \quad \text{et} \quad I = 20 \text{ ampères}.$$

Pour arrêter le moteur rapidement et avec précision, il suffira de mettre rapidement le commutateur sur le plot n° 1, le moteur sera énergiquement freiné et atteindra sans pouvoir s'arrêter complètement la vitesse de 72 tours par minute qui correspond au régime sur ce plot. A cette vitesse réduite, on provoquera l'arrêt absolu en mettant la manette sur le plot d'arrêt 0 : le moteur se trouve alors en court-circuit sans résistance, l'énergie cinétique étant réduite à son minimum, l'arrêt se fait presque instantanément et au moment voulu. Calculons les intensités $-I_3$ qui freinent le moteur sur chaque plot dans la manœuvre d'arrêt telle que nous venons de l'indiquer, en admettant que la manœuvre soit assez rapide pour passer au plot n° 1 avant que le moteur ait pu se ralentir sensiblement, ce qui revient à prendre jusqu'au 1er plot $e = 100$ volts. La valeur trouvée de I_3 donne :

Au 5e plot :

$$I_3 = \frac{110 - \frac{3,65}{3,31}100}{3,65 - 3,27 + \frac{3,65 \cdot 0,5}{3,27}} = 0.$$

Au 4e plot :

$$I_3 = \frac{110 - \frac{3,65}{2,95}100}{3,65 - 2,95 + \frac{1,825}{2,95}} = -10,6.$$

Au 3e plot on trouvera :

$$I_3 = -20$$

Au 2e plot on trouvera :

$$I_3 = -38,2$$

Au 1er plot on trouvera :

$$I_3 = -59$$

Ainsi on freinera de suite le moteur avec un courant antagoniste de 59 ampères développant un couple résistant atteignant 3 fois le couple normal et qui décroîtra jusqu'à amener le moteur à la vitesse trouvée précédemment de 72 t : m, sans arrêt anticipé possible ; ainsi on annule presque entièrement l'énergie cinétique sans avoir à se préoccuper, comme avec le rhéostat en série, de régler le temps d'action et l'intensité du freinage en raison de l'énergie cinétique le plus souvent variable du système. L'arrêt absolu s'obtient en mettant la manette sur le plot 0; le moteur, se trouvant en court-circuit sans résistance additionnelle avec une force contre-électromotrice $e = 4,8$ volts, est encore freiné par un courant de $I_3 = -\frac{4,8}{0,5} = -9,6$ ampères : l'arrêt est pratiquement instantané. Mais la valeur de $I = 1,2\,I_3 = 24$ ampères que nous avons adoptée pour le démarrage sur le plot n° 1 peut être réduite à 20 ampères, intensité de régime ; le ralentissement est alors poussé à son maximum au moment du freinage, mais il y a lieu de craindre un arrêt anticipé si, comme nous l'avons déjà dit, l'intensité tend à s'élever à 21 ampères par exemple, par suite des fluctuations des frottements. Comparons les ralentissements extrêmes qu'on peut obtenir dans ce cas avec le rhéostat ordinaire en série et le rhéostat compound, l'arrêt se produisant dans les deux cas pour un courant de 21 ampères.

La valeur maximum de la résistance en série se déduit de $I = \frac{U - e}{R}$ quand $e = 0$ et $I = 21$, d'où $R = \frac{110}{21} = 5,24$. Le rhéostat aura une valeur de $5,24 - 0,5 = 4,74$ ohms. Au régime de 20 ampères, le potentiel aux bornes du moteur sera $110 - (4,74 \cdot 20) = 15,2$ volts, d'où $e = U - R_3 I = 15,2 - 20 \cdot 0,5 = 5,2$ volts correspondant à une vitesse de $\frac{1500 \cdot 5,2}{100} = 79$ tours par minute.

Avec le rhéostat compound, dans les conditions identiques d'arrêt pour 21 ampères, on aura au 1er plot une valeur R_2 déterminée comme précédemment

$$A = \frac{110 - 3,65 \cdot 21}{21} = 1,59,$$

d'où

$$R_2 = -0,795 + \sqrt{\frac{2,53}{4} + 1,825} = 0,770 \text{ ohm}.$$

Au régime de 20 ampères, on aura alors

$$e = \frac{110 \cdot 0,77 - (1,825 + 2,8 - 0,59)20}{3,65} = 1,1 \text{ volt},$$

soit une vitesse angulaire de $\frac{1500 \cdot 1,1}{100} = 16,5$ t : m, au lieu de 79 t : m avec le rhéostat série. En pratique, on constate en effet une très grande différence entre les ralentissements obtenus par les deux systèmes, et les

arrêts sont infiniment plus précis. Ce dispositif s'applique encore mieux avec la commande par relais pour laquelle le fractionnement des résistances ne peut comporter que 2 ou 3 plots, ce qui aggrave les inconvénients du rhéostat série, alors qu'un seul plot de ralentissement maximum conserve au rhéostat compound ses remarquables propriétés. EMILE DUBOIS.

COURANTS DE FOUCAULT

DANS LES PIÈCES POLAIRES

La récente communication de M. Picou à la *Société internationale des électriciens* et l'article paru récemment dans ce journal ont mis à l'ordre du jour le calcul des courants de Foucault.

L'*Elektrotechnische Zeitschrift* a repris dans un de ses derniers numéros (1) cette même question et, quoique l'étude de M. Reinhold Rudenberg sur les courants de Foucault dans les pièces polaires n'ajoute en somme rien de nouveau à ce qui a été si complètement exposé par M. Picou, nous croyons intéressant d'en donner ici la substance, parce que le calcul y est conduit d'une façon un peu différente et, à notre avis, assez facile à retenir.

Lorsqu'une onde électromagnétique rencontre un corps conducteur, limité par une surface que nous supposerons plane, elle donne naissance à des courants qui tendent à provoquer une onde opposée, si bien que tout se passe comme si l'onde était littéralement réfléchie.

Toutefois, la conductibilité du métal n'étant pas parfaite, une partie de l'onde est absorbée et il se dégage une certaine quantité de chaleur par effet Joule des courants induits dans la masse.

L'onde se trouve donc amortie rapidement et on démontre que son amplitude varie dans l'espace suivant la fonction exponentielle :

$$e^{-\frac{2\pi k}{l}z}.$$

z, désignant la distance à la surface du point considéré;

l, la longueur de l'onde électromagnétique;

k, un coefficient d'*extinction* dépendant de la fréquence, de la perméabilité et de la résistivité du métal.

Les f. é. m. induites dans la masse métallique, et par suite les courants, varieront en fonction de z suivant une loi identique : il nous suffira donc de chercher ce qui se passe à la surface même du métal pour en déduire les valeurs de l'intensité dans la masse elle-même.

Soit v la vitesse périphérique de l'induit;

λ, le pas dentaire.

Admettons que vis-à-vis de chacune des dents la variation de l'induction est sinusoïdale, et soit $\mathcal{B}_0$ l'amplitude de cette variation.

L'induction au point x peut s'écrire :

$$\mathcal{B} = \mathcal{B}_0 \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x - vt),$$

x, désignant la coordonnée d'un point de la surface, mesurée dans la direction du déplacement de l'induit.

Prenons pour axe des y une direction perpendiculaire à l'axe des x et à l'axe des z.

Dans chaque élément de volume $dx\,dy\,dz$, supposé pris entre la surface et un plan infiniment voisin, est induite dans la direction de l'axe des y une f. é. m. :

$$de_0 = \mathcal{B} v\, dy.$$

On a pour intensité de courant dans l'élément, en désignant par ρ la résistivité du métal :

$$di_0 = \frac{de_0\, dx\, dz}{\rho\, dy} = \mathcal{B}_0 \frac{v}{\rho} \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\, dx\, dz.$$

En posant $2\pi \frac{k}{l} = \beta$ nous savons, d'après la loi admise plus haut, que l'intensité du courant à l'instant t, dans l'élément des coordonnées x, z, est donnée par l'expression :

$$di = \mathcal{B}_0 \frac{v}{\rho} \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\, e^{-\beta z}\, dx\, dz.$$

Le dégagement de chaleur dans l'élément $dx\,dy\,dz$ pendant le temps dt est :

$$dQ = \frac{\rho\, dy}{dx\, dz}(di)^2 dt = \frac{v^2}{\rho} \mathcal{B}_0^2 \sin^2 \frac{2\pi}{\lambda}(x - vt) e^{-2\beta z}\, dx dy dz dt$$

Calculons d'après cette formule la puissance thermique moyenne dans une fraction de pièce polaire ayant pour section $dx \,.\, dy$ et une épaisseur que nous supposerons infinie pour la simplicité du calcul (1).

Nous aurons :

$$dP = \frac{v^2}{\rho} \mathcal{B}_0^2\, dx\, dy \frac{v}{\lambda} \int_0^{\frac{\lambda}{v}} dt \int_0^{\infty} \sin^2 \frac{2\pi}{\lambda}(x - vt) e^{-2\beta z}\, dz.$$

Finalement il vient :

$$dP = \frac{v^2}{4\beta\rho} \mathcal{B}_0^2\, dx\, dy.$$

En désignant par le symbole $\left(\frac{P}{S}\right)$ le quotient de la puissance thermique moyenne mise en jeu par la surface de la pièce polaire on a :

$$\left(\frac{P}{S}\right) = \frac{v^2}{4\beta\rho} \mathcal{B}_0^2.$$

Pour rendre cette formule applicable, il reste à remplacer β par sa valeur.

(1) *Electrotechnische Zeitschrift*, 23 février 1905.

(1) Cette hypothèse est parfaitement admissible, car elle revient à supposer nul un terme qui est négligeable dans la pratique dès qu'on envisage une épaisseur de quelques millimètres.

Nous avons posé plus haut :

$$\beta = \frac{2\pi k}{l},$$

d'autre part on a, en désignant par c la vitesse de la lumière, par μ la perméabilité du métal des pièces polaires, par f la fréquence :

$$k = c\sqrt{\frac{\mu}{\rho f}}$$

d'ailleurs :

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad \text{et} \quad l = \frac{c}{f}$$

par conséquent :

$$\beta = 2\pi\sqrt{\frac{v\mu}{\rho\lambda}}.$$

Finalement il vient :

$$\left(\frac{P}{S}\right) = \frac{1}{8\pi} v \sqrt{\frac{\quad}{\rho\mu}} \mathfrak{B}_0^2.$$

Ou en watts par centimètre carré :

$$\left(\frac{P}{S}\right) = \frac{1}{8\pi} v \sqrt{\frac{\lambda v}{\rho\mu}} \mathfrak{B}_0^2 . 10^{-7}.$$

En appliquant la formule à un induit dont le pas dentaire serait 1,5 cm, la vitesse tangentielle 15 m:s et en prenant $\mu = 1000$, $\rho = 10^4$ on trouve que les ondes électromagnétiques sont réduites au 1/100e, et par suite leur énergie réduite au 1/10000e à une distance de la surface de 0,75 mm.

Il faut en conclure que les courants de Foucault dans les pièces polaires sont localisés à la surface de celles-ci, suivant l'expression de M. Boucherot, dans une *peau* extrêmement mince. Ce serait donc un leurre que de compter sur l'efficacité de pièces polaires lamellées travaillées sur le tour, car l'outil crée infailliblement à la surface la mince couche uniformément conductrice qu'il faut se proposer d'éliminer.

Il semble au premier examen de la formule que la perte est proportionnelle à la racine carrée du pas dentaire. Ce résultat du calcul serait assez surprenant pour tous ceux qui savent pratiquement quelle est l'influence de la grandeur du pas dentaire, mais il n'y a là qu'une apparence trompeuse. En réalité la variation $\mathfrak{B}_0$ de l'induction, qui entre au carré dans la formule, croît elle-même très rapidement avec le pas dentaire; celui-ci se trouve donc entrer implicitement en facteur une seconde fois.

La détermination de $\mathfrak{B}_0$ est certainement la partie la plus délicate du problème, car cette grandeur, dépendant à la fois de l'induction moyenne dans l'entrefer, des dimensions de l'entrefer, de la largeur des dents et des encoches, ne peut être calculée par une méthode sûre.

Nous avons dit que les variations de l'induction se faisaient sentir seulement dans une couche très mince à la surface des pièces polaires massives; mais il n'en est plus de même avec les pièces polaires feuilletées, à cause de l'absence des courants de Foucault. Le flux se répartit alors comme il le ferait dans des pièces polaires massives, l'induit étant au repos; la variation de l'induction peut donc être encore appréciable à une profondeur assez grande, fonction des dimensions de l'entrefer et des encoches.

En général, on est amené par les nécessités de la construction à donner à la partie feuilletée une épaisseur suffisante.

L'article dont nous nous sommes inspiré, en grande partie, dans ce qui précède contient un tableau dans lequel l'auteur donne les résultats de l'application de la formule à quelques types de machines.

Nous ne le reproduirons pas ici, mais nous y puiserons cependant les remarques suivantes :

Dans les machines étudiées de puissance inférieure à 100 kw, $\mathfrak{B}_0$ varie de 650 à 3000 et la perte relative dans les pièces polaires oscille en conséquence entre des limites éloignées 0,2 et 8 pour 100.

Cette dernière valeur, un peu surprenante, s'explique parce que le calcul a été appliqué à des pièces polaires qui étaient en réalité feuilletées.

Dans les grosses machines de 500 kw et plus, les différentes valeurs de $\mathfrak{B}_0$ sont plus voisines et varient entre 700 et 1700; la puissance relative perdue oscille entre 0,2 et 1 pour 100.

A. Liouville.

SUR

L'EMPLOI DES REDRESSEURS ÉLECTROLYTIQUES

On a beaucoup parlé il y a quelque temps des soupapes électriques (soupapes Pollak, Nodon, etc.), et la solution du redressement des courants alternatifs qu'elles offraient était vraiment séduisante. Depuis, le silence paraît s'être fait sur les applications de ces appareils, et il ne semble pas qu'elles se soient développées comme on aurait pu s'y attendre.

Cependant, pour bien des cas, l'emploi d'un appareil aussi simple que la cuve électrolytique est avantageux, car elle permet d'éviter toute pièce en mouvement, ce qui la rend analogue aux transformateurs.

Il nous a paru intéressant de rechercher les causes de cet abandon, si abandon il y a; nous examinerons donc les inconvénients des soupapes, en signalant les moyens employés pour y remédier.

En premier lieu, la plus grosse objection que l'on puisse faire à leur emploi est leur échauffement rapide. On l'atténue, il est vrai, en utilisant de grandes masses de liquide, des circulations d'eau, etc.; mais, en somme, on ne paraît pas s'être attaché à combattre les causes même de l'élévation de température du liquide.

Dans un travail très intéressant présenté à l'Association électrotechnique italienne (1), M. Giuseppe Revessi donne les résultats qu'il a obtenus avec un clapet constitué par une lame d'aluminium et une lame de plomb immergées dans une solution de bicarbonate de soude. En faisant fonctionner l'appareil comme redresseur pendant trois heures et en le laissant s'échauffer à loisir, il a constaté à la fin de l'expérience une élévation de température du liquide de 80°. A ce moment, le courant redressé était insignifiant, tandis que le courant alternatif traversait presque complètement l'appareil. M. Revessi avait organisé ses expériences de la façon suivante : Le redresseur était monté en série avec un ampèremètre à fil chaud Olivetti et un ampèremètre Weston à courant continu; un rhéostat de lampes complétait le circuit qui était relié à la distribution à courant alternatif à 110 volts de la ville. Un voltmètre électrodynamique Weston et un voltmètre de précision Siemens, tous deux préalablement étalonnés sur du courant continu, étaient montés en dérivation sur le voltamètre. Aucune précaution n'étant prise pour le refroidissement, les résultats ont été les suivants :

TEMPS EN MINUTES.	INTENSITÉ DU COURANT, EN AMPÈRES.		DIFFÉRENCE DE POTENTIEL, EN VOLTS.	
	REDRESSÉ.	EFFICACE.	REDRESSÉE.	EFFICACE.
0	2,1	4,5	39,0	71.5
15	1,5	5,15	25,3	46,5
30	1,15	5,45	20,2	39,0
45	0.9	5,55	18,2	35,5
60	0,85	5,55	17,5	34,5
75	0.85	5,6	17,5	34,0
90	0.8	5,65	17,0	33,0
105	0,8	5,7	16,0	32,0
120	0,75	5,75	15,0	29,5
135	0,7	5,8	13.8	27.0
150	0,6	5,9	12,2	24,0
165	0,5	6,05	10,4	21,0
180	0,4	6,2	8,6	18,0

Au bout de ce laps de temps, la température de l'électrolyte atteignait 90°; on laissa reposer le voltamètre pendant deux heures, puis on referma le circuit sans rien y changer. L'intensité du courant redressé atteignit aussitôt 1,4 ampère au lieu de 0,4, que l'on avait à la fin de l'expérience précédente, tandis que celle du courant alternatif n'était plus que de 4,8 ampères au lieu de 6,2. L'effet du refroidissement est la seule cause de cette amélioration du fonctionnement, puisque toutes les autres conditions de l'expérience sont restées les mêmes.

Il semble donc résulter de cet essai, qu'à partir d'une certaine température, la couche isolante d'alumine que l'on suppose se former sur les lames d'aluminium quand elles sont anodes, n'adhère plus suffisamment à son support et le redressement du courant se fait mal.

On se rend assez bien compte de ce phénomène en remplaçant rapidement dans un clapet en fonctionnement le liquide chaud par un liquide froid de même composition. Si l'on a soin d'observer les indications d'un ampèremètre à cadre mobile, par exemple, intercalé dans le circuit du courant redressé, on constate, toutes choses égales d'ailleurs, une augmentation de la déviation *quand* on remplace le liquide chaud par le liquide froid.

(1) *Bulletin* de mai-juin 1904.

Quelles sont les causes de cet échauffement? A première vue, on peut supposer qu'il est dû à l'effet Joule; cependant M. Campetti (1), ayant fait des essais au calorimètre, a montré que la chaleur dégagée était supérieure à celle qui pourrait résulter de l'effet Joule, mesuré en tenant compte de la résistance du liquide et de l'intensité du courant qui le traverse.

Cette divergence s'explique, si l'on admet, ainsi que Scott le dit (2), que le clapet électrolytique peut être considéré comme une résistance en série quand il est ouvert et comme un condensateur présentant une grande résistance en dérivation entre ses bornes, quand il est fermé.

Théoriquement, le clapet devrait se fermer dès que l'aluminium est anode; pratiquement, on n'arrive jamais complètement à ce résultat, et il passe un *courant de fuite* qui contribue, lui aussi, à échauffer le liquide.

Ceci établi, cherchons d'abord à diminuer le plus possible cet échauffement; nous passerons ensuite en revue les moyens employés pour le combattre.

Électrolyte. — Les électrolytes les plus divers ont été employés, mais tous ne donnent pas des résultats comparables. Tout d'abord Buff (3) qui, le premier, constata le phénomène du redressement, utilisa une solution diluée d'acide sulfurique; mais avec ce liquide on ne peut guère appliquer plus de 20 volts aux bornes du voltamètre, car au delà de cette limite, le courant alternatif passe librement.

MM. Cael (4), Mayrhofer (5) ont employé le bichromate de potasse ou de soude; mais, avec ces sels, on ne peut guère redresser des courants dont la différence de potentiel dépasse 80 volts.

En 1898, M. Carl Liebenow, de Berlin, construisit un redresseur analogue aux précédents, dans lequel l'électrolyte était une dissolution de carbonate ou de bicarbonate d'ammoniaque.

D'autres expérimentateurs ont employé l'alun; MM. Siemens et Halske, des sels ammoniacaux organiques. M. Franchetti a pu construire des condensateurs électrolytiques pouvant fonctionner jusqu'à 200 volts, en utilisant le sel de Seignette. Nous avons essayé nous-même des redresseurs de courant avec du tartrate de potassium ou du tartrate de sodium, lesquels nous ont donné chacun de bons résultats. Enfin M. Pollak a construit des redresseurs industriels pouvant supporter 140 volts en faisant baigner une électrode de plomb et une électrode d'aluminium pur dans une solution de phosphate de potassium légèrement acidulée par de l'acide phosphorique. Il importe

(1) *Comptes rendus de la R. A. de Turin*, 1899, p. 90.
(2) *Ann. der Phys.*, 1899, II. p. 406.
(3) *Ann. d. Chim. u. Pharm.*, 1857, p. 269.
(4) Hospitalier, *L'Énergie électrique*, 1890, p. 310.
(5) *E. T. Z.*, 1900, p. 913.

en effet que la solution ne soit jamais alcaline, ce qui peut arriver après une longue électrolyse; la potasse libre vient alors attaquer l'aluminium qui se dissout rapidement, le courant alternatif passe alors librement et le clapet s'échauffe. M. Nodon récemment a donné la préférence au phosphate d'ammonium, l'ammoniaque se dégageant d'après lui sous forme gazeuse et ne risquant pas d'attaquer l'aluminium. Le sulfate de mercure a également été proposé et employé (de Faria).

Quoi qu'il en soit, il faut un électrolyte qui ne puisse avoir aucune action sur les électrodes; il faut ensuite que sa résistivité soit la plus faible possible, ce qui conduit à employer des sels très solubles, déliquescents même, car on n'aura pas à craindre avec eux de cristallisations ni de sels grimpants.

On devra choisir ensuite un électrolyte permettant à l'électrolyseur de supporter une grande différence de potentiel, toujours supérieure à celle qui existe dans l'application que l'on a en vue.

On pourrait, il est vrai, monter plusieurs redresseurs en série; mais, comme le fait observer avec juste raison M. Pollak [1], ce mode de montage ne peut guère être utilisé : au bout de peu de temps, la différence de potentiel entre les bornes d'un élément s'abaisse pour quelques-uns et s'élève d'autant pour les autres, jusqu'à ce qu'elle devienne suffisante pour percer la couche isolante; le courant passe alors dans les deux sens.

Ce résultat peut s'expliquer ainsi : par suite d'une action chimique de l'électrolyte sur la couche isolante, celle-ci tend constamment à disparaître et, pour la maintenir, un faible courant (quelques milli-ampères) traverse l'appareil quand il agit comme clapet fermé; or, l'intensité de ce courant varie du simple au double d'un élément à l'autre, et quand deux éléments sont en série, l'intensité du courant qui traverse l'ensemble ne peut être que la plus petite des deux valeurs correspondant à chaque élément; la couche isolante ne pourra donc se maintenir dans l'élément qui exige pour ce maintien le plus fort courant.

Cette explication fournit, il est vrai, un moyen de remédier à l'inconvénient signalé : il suffit de mettre en dérivation, sur les appareils à faible courant d'entretien, des résistances convenables, de manière que l'ensemble soit traversé par un courant ayant l'intensité maximum requise par l'un des éléments.

En résumé, les sels paraissant donner les meilleurs résultats sont les phosphates alcalins, tous très solubles, et les tartrates alcalins; tous ces corps introduits dans des clapets permettent de redresser des courants dont la tension est voisine de 200 volts. Le bichromate de soude, sel déliquescent, par conséquent soluble dans l'eau en toutes proportions, donne des redresseurs à résistivité très faible et chauffant peu; ce corps étant de plus un oxydant énergique, rend la fermeture des clapets meilleure. On ne peut mieux comparer son action qu'à celle du ressort dont on arme quelquefois les clapets ordinaires; il s'oppose brusquement au passage du courant sitôt que ce dernier cesse d'agir dans le bon sens.

Le courant de fuite étant plus faible, l'échauffement est moindre; malheureusement, le liquide finit par s'altérer, et un précipité se forme au fond, tandis que la couleur passe du rouge au jaune, puis au vert. Le sel perd son oxygène, car il se trouve réduit par l'aluminium qui s'oxyde constamment. Cet inconvénient, joint à la faible tension de 80 volts que peut supporter le clapet ainsi monté, fait qu'on ne peut l'employer industriellement.

Électrodes. — L'aluminium ***pur*** paraît jusqu'à présent donner les meilleurs résultats. Le zinc et le magnésium permettent bien, eux aussi, de redresser le courant, mais ils fonctionnent beaucoup moins bien que l'aluminium. M. Nodon a employé des électrodes formées d'un alliage de zinc et d'aluminium, mais nous ne pensons pas qu'elles soient plus avantageuses que celles que l'on réalise avec l'aluminium pur, dont la formation se conserve mieux et s'obtient en tous cas plus rapidement.

L'électrode inactive doit être inaltérable. Buff utilisait le platine, mais ce métal n'étant pas industriel, étant donné son prix élevé, on l'a remplacé par le plomb.

Ce dernier métal paraît bien fonctionner; cependant, avec certains électrolytes, nous avons remarqué la formation d'une croûte très dure à sa surface, qui augmente considérablement à la longue la résistance du clapet. Cette augmentation de résistance contribue aussi par effet Joule à faire chauffer l'appareil, et l'on sait combien une élévation de température est funeste au bon fonctionnement des redresseurs électrolytiques. M. Nodon a employé le fer et la fonte qui ne s'attaqueraient que très peu et donneraient, paraît-il, de bons résultats.

Le charbon serait, après le platine, le corps convenant le mieux; malheureusement, il se désagrège assez vite lorsque l'oxygène se dégage à sa surface.

Les électrochimistes ont en effet remarqué que le charbon, même d'excellente qualité, ne peut être employé au pôle positif d'un électrolyseur contenant un liquide susceptible de dégager de l'oxygène par sa décomposition. C'est tout au plus si on peut utiliser ce genre d'électrodes pour l'électrolyse des chlorures, le chlore naissant paraissant avoir moins d'effet sur les charbons agglomérés que l'oxygène. Le plomb doux ordinaire et le plomb antimonié, qui résiste mieux à l'attaque par l'oxygène naissant, paraissent constituer jusqu'à présent les meilleures électrodes industrielles inattaquables pour clapets, à condition d'être employés avec des électrolytes convenables.

Refroidissement. — La question des électrodes et de l'électrolyte étant traitée, il nous reste à voir quelles sont les mesures que l'on a prises pour éviter l'élévation de température.

On pourrait déterminer par le calcul l'énergie thermique dégagée dans l'appareil par effet Joule, et cons-

[1] *Bull. de la Soc. internat. des Électriciens*, juillet 1901.



truire un appareil présentant une surface suffisante pour dissiper cette énergie en consentant à une élévation de température n'excédant pas 30 à 40° au-dessus de la température ambiante. Malheureusement, l'échauffement étant mal connu, on ne peut que faire un calcul approché, et le plus simple est d'employer un électrolyseur de grandeur suffisante et une densité de courant sur les lames d'aluminium voisine de 1 ampère par décimètre carré. On place généralement les électrodes au fond de la cuve électrolytique, comme l'ont fait MM. Pollak et Nodon, de façon à ce que le liquide chaud s'élève à la partie supérieure où il se refroidit; il faut pour cela des tubes un peu longs et, pour les fortes intensités, ce mode de refroidissement est encore insuffisant.

Afin d'avoir un appareil pouvant supporter un fonctionnement continu et prolongé, M. Grisson a fait construire par la maison Ganz un redresseur muni d'une circulation d'eau et constitué de la façon suivante (fig. 1) :

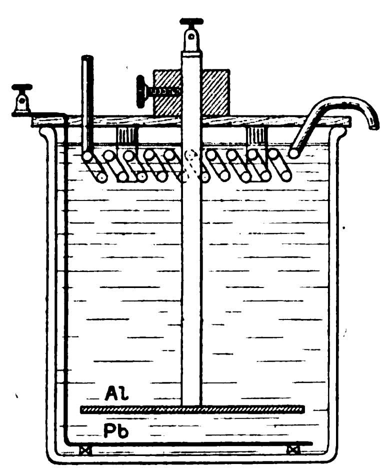


Fig. 1. — Redresseur Grisson.

Une cuve en verre rectangulaire de 19 cm de largeur et 22 cm de longueur, a une hauteur de 30 cm; elle est remplie d'un électrolyte constitué par une solution de bicarbonate de soude.

A une petite distance du fond, soutenu par quatre baguettes en ébonite, se trouve disposée horizontalement une lame de plomb en communication par un fil vertical avec le courant à redresser. Un peu au-dessus de la lame de plomb, on place horizontalement la lame d'aluminium. Cette lame est soutenue en son centre par une tige de même métal traversant une pince en forme de serre-fil qui permet d'en régler la hauteur; on peut donc, par ce moyen, faire varier à volonté l'écartement des électrodes.

A la partie supérieure du liquide, un serpentin en plomb reçoit une circulation d'eau froide destinée à assurer le refroidissement. L'inventeur attache une grande importance à la disposition horizontale de l'électrode d'aluminium, il pense que cela favorise sur la face inférieure la conservation de la couche isolante, car l'oxygène ne pouvant se dégager sous forme de bulles fines comme il le fait lorsque la lame est verticale, séjourne sous la plaque et ne s'en échappe que sous forme de grosses bulles.

Quoi qu'il en soit, cet appareil paraît mieux fait pour une marche continue que les précédents; il reste à savoir si le liquide, changeant de composition par suite de l'électrolyse, ne vient pas attaquer l'aluminium en laissant un libre passage au courant alternatif.

Nous résumerons en terminant les différents modes de montage des clapets qui permettent d'obtenir, soit du courant redressé en partant du courant alternatif simple, soit du courant continu fortement ondulatoire en partant des courants triphasés.

Montage des clapets. — En vue d'utiliser toutes les pulsations des courants alternatifs, les constructeurs ont eu l'idée de grouper un certain nombre de clapets dont l'ensemble constitue une *soupape*. Un des montages le plus employé est la soupape à quatre clapets de Léo Gratz, que l'on retrouve sur les soupapes Pollak, Nodon, etc.

Nous en rappelons le schéma (fig. 2) : il consiste à

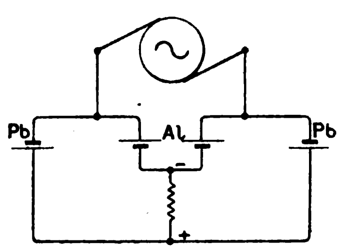


Fig. 2. — Montage de Leo Gratz.

relier chacun des pôles de la source dont on veut redresser le courant à deux clapets orientés en sens inverse, de façon à ce que le courant rencontre, soit la lame d'aluminium de l'un des clapets, soit la lame de plomb de l'autre : on conçoit facilement que, suivant son sens, il choisira l'une ou l'autre pour passer. L'appareil d'utilisation est relié à la façon du galvanomètre dans un pont de Wheatstone; il se trouvera traversé par un courant de direction constante, comme il est facile de le voir.

Tout récemment [1], on a indiqué un montage beaucoup plus simple, qui réduit à une le nombre des cuves électrolytiques au lieu de quatre qui étaient nécessaires pour redresser du courant alternatif simple, et six pour du courant triphasé. Ce dispositif, proposé par Churcher, utilise un transformateur donnant le double de la tension à redresser. Une dérivation prise en son milieu est reliée à l'appareil R, utilisant le courant redressé, l'autre borne du même appareil étant en relation avec la lame de plomb de la cuve (fig. 3).

Il suffit de relier les deux extrémités de l'enroulement secondaire du transformateur chacune à une lame d'aluminium plongeant dans la cuve, pour que l'appareil soit en état de fonctionner. En effet, chaque moitié de l'enroulement secondaire du transformateur peut être assimilée à un générateur de courants alternatifs travaillant

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, 1904, n° 310, p. 537.

sur l'appareil d'utilisation R avec la lame de plomb, le liquide et la lame d'alumiuium formant clapet. Il ne passera que des pulsations d'un sens déterminé correspondant à un courant allant du plomb vers l'aluminium.

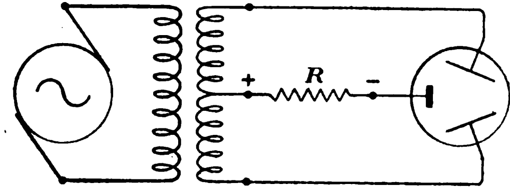


Fig. 3. — Dispositif de Churcher.

Ce courant sera fourni tantôt par l'une des moitiés du transformateur, tantôt par l'autre, et en somme l'appareil R sera traversé comme dans le montage Léo Gratz par un courant redressé.

Avec les courants triphasés (fig. 4), on utilise le point neutre du montage en étoile, et on obtient le même résultat avec une seule cuve et trois lames d'aluminium, qu'avec six cuves. Le courant dans l'appareil R est ici bien mieux redressé qu'en partant du courant alternatif simple, c'est du courant continu fortement ondulatoire. Bien entendu, tous ces montages exigent l'emploi d'une tension inférieure à celle qui produit l'électrolyse entre les diverses lames d'aluminium. Il faudra donc avoir recours à des liquides convenablement choisis.

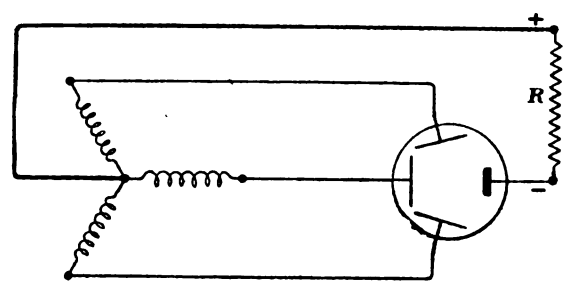


Fig. 4. — Montage d'un redresseur avec des courants triphasés.

Conclusions. — En résumé, l'emploi de clapets électrolytiques convenablement construits peut fournir une solution pratique pour le redressement de courants dont l'intensité efficace ne dépasse pas 10 ampères. Au delà de ce chiffre et jusqu'à 30 ampères, à moins de combattre l'échauffement d'une façon sérieuse, il est préférable et plus économique d'employer l'arc au mercure ainsi que le font les Américains pour la charge des accumulateurs de voitures électromobiles. De récentes expériences ont en effet montré que le rendement des soupapes électrolytiques oscillait entre 70 et 75 pour 100, valeur très inférieur, on le voit, à celle que donnent les transformateurs habituels.

Enfin, pour des intensités plus fortes, les permutatrices et commutatrices sont tout indiquées, car leur construction se prête mieux que celle des redresseurs électrochimiques à l'utilisation des grandes puissances.

A. Soulier.

CHEMIN DE FER A COURANT ALTERNATIF SIMPLE

DE LA VALLÉE DE LA STUBAI (TYROL)

Cette ligne à courant alternatif simple, qui relie Innsbruck à Fulpnels, a été construite par l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* et la Société l'*Union* de Vienne. La ligne à voie unique de 1 m de largeur a une longueur de 18,2 km, les rails sont du type Vignole de 17,89 kg par mètre.

L'énergie est empruntée à la station centrale de la Sill qui dessert la ville d'Innsbrück; cette station à courants diphasés dessert la ligne en courant alternatif simple au moyen d'une ligne de 42 mm² de section. La tension de 10 000 v est abaissée à 2 500 v dans trois postes transformateurs dans chacun desquels sont installés 2 transformateurs à refroidissement à huile de 75 kilovolts-ampères. La fréquence est de 42 périodes par seconde.

Le courant à 2 500 v est amené aux voitures au moyen d'un archet qui vient frotter contre un fil de prise aérien, ce fil de prise est en cuivre dur de 53 mm² de section, il est suspendu à un fil d'acier, par des attaches verticales disposées au maximum à 4 m les unes des autres. Le fil d'acier d'un diamètre de 5 mm a des portées maxima de 50 m; les flèches ont été calculées pour que sa tension ne dépasse pas 200 kg à une température de — 20° C. Comme sa résistance à la rupture est supérieure à 75 kg : m² on a un coefficient de sécurité d'au moins 7. Dans les portions de ligne simple le fil d'acier est porté par des isolateurs fixés à des sortes de potences portées par des poteaux; dans les endroits où la ligne a deux ou plusieurs voies, les isolateurs sont fixés à une traverse portée par des poteaux placés de part et d'autre de la voie. Les isolateurs sont à triple cloche et l'isolement est assuré en outre par des poulies de tension en porcelaine placées sur le fil de suspension à 0,75 m environ de ses points d'attache.

Le fil de prise de courant est placé à 5,5 m au-dessus du niveau des rails dans les parties de la voie à ciel ouvert, dans les tunnels il est à 3,9 m de sorte qu'alors l'archet est disposé presque horizontalement. Les joints des rails qui servent de conducteurs de retour sont enduits d'une pâte métallique.

L'impédance du circuit formé par le conducteur aérien et les rails est très élevée, elle est de 0,9 ohm par km (à la fréquence 42).

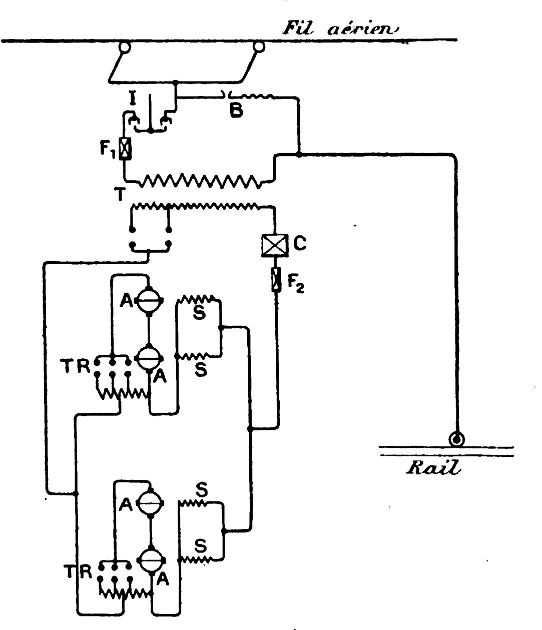
La Compagnie possède actuellement 3 voitures motrices et 6 voitures de remorque pour le service des voyageurs et 2 wagons fermés pour le service des marchandises, ainsi que 4 wagons découverts pour le transport des longues pièces de bois.

Les voitures motrices sont à 4 essieux et 2 bogies, les remorques ont 2 essieux à 4 m l'un de l'autre; chacun des types de voitures peut contenir 40 personnes.

Les trains en ordre de marche ont un poids total de

45 tonnes et sont constitués par une voiture motrice et deux remorques, ils sont munis du frein continu à air comprimé du système Böker et sont chauffés et éclairés électriquement.

Chaque voiture motrice est munie de quatre moteurs Winter-Eichberg, d'une puissance de 280 poncelets couplés par deux en parallèles (voy. fig.). Les enroulements fixes S des moteurs de chaque groupe sont disposés en parallèle et l'ensemble est couplé en série avec un transformateur de régulation TR aux bornes secondaires duquel sont disposés en série les induits A des deux moteurs du groupe. La variation du rapport de transformation des transformateurs régulateurs est commandée par le combinateur. En outre de ce réglage, la tension des moteurs peut aussi varier ; à cet effet le combinateur, qui a la forme ordinairement employée dans les tramways, porte 6 touches; pour les 3 premières la tension est de 400 v et les transformateurs de réglage sont intercalés, pour les 3 autres touches la tension est de 525 v.



Le courant à 2 500 v est amené par l'archet à l'enroulement primaire d'un transformateur; dans ce circuit, qui est mis à la terre par les rails et les roues, sont placés un parafoudre B, un interrupteur à huile I et un fusible F_1; l'enroulement secondaire du transformateur principal T peut être divisé en deux parties, donnant l'une 525 v, et l'autre 400 v. Le circuit secondaire est en outre muni d'un interrupteur automatique C et d'un fusible F_2.

La ligne est parcourue en une heure environ : la vitesse est de 25 km à l'heure, dans les rampes un peu fortes la vitesse est réduite à 18 ou 20 km par heure.

Les essais ont montré que la dépense spécifique d'énergie mesurée aux postes secondaires d'alimentation est de 70 w-h par tonne-km ; comme la dépense des voitures est de 48 w-h : t-km, le rendement est de 68 pour 100 pour l'ensemble, non compris la ligne primaire à 10 000 v et les transformateurs réducteurs à 2 500 v. A. Z.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Un incendie dans les airs. — Un incendie curieux s'est déclaré récemment sur le réseau de la *National Telephone Company's* à Bank Exchange dans Queen Victoria Street, il en résulta que 6000 abonnés furent privés de communication. Cet accident eut son origine à une distance de 3,5 km du tunnel du chemin de fer souterrain à Westminster Bridge. Un commencement d'incendie s'étant produit dans un caniveau souterain contenant divers câbles a provoqué un court-circuit dans la chambre d'arrivée du Bank Exchange sur le toit des Mansion House Chambers. Les flammes s'élancèrent jusqu'au haut d'une grande tour qui supportait beaucoup de fils. La cire qui est très employée dans la construction de ces câbles prit feu à son tour, en sorte que les flammes se tordaient tout le long de ces câbles comme des serpents dans le ciel. En suivant les fils sur une longueur de 120 mètres, les flammes sont arrivées à une deuxième tour près de Cannon Street, qui s'est incendiée à son tour. Puis les câbles se sont rompus, et quelques-uns sont tombés sur des cheminées, qui ont été entraînées dans la chute. Il était très difficile pour les pompiers de venir à bout de toutes les difficultés qui se sont présentées. Aussitôt qu'on eut éteint le feu, les ouvriers ont commencé à enlever les fils brûlés et à rétablir aussi vite que possible le service, mais malgré toute l'activité que l'on a pu déployer, le dérangement du service téléphonique de Londres a été considérable, en sorte que plusieurs jours seront encore nécessaires, avant qu'on puisse remettre tout en état.

Les omnibus automobiles et les tramways électriques. — On a beaucoup discuté récemment dans les journaux anglais afin de savoir si les tramways et les chemins de fer électriques seraient entièrement remplacés par des omnibus automobiles, et il est intéressant d'examiner les arguments des deux partis. Il est exact que les omnibus à pétrole peuvent atteindre une vitesse élevée et qu'ils peuvent transporter beaucoup de voyageurs en donnant de bonnes recettes, mais cela ne veut pas dire que la machine à pétrole est apte à être appliquée aux tramways dans des conditions de fonctionnement intensif comme c'est le cas des grandes villes. Récemment le Dr Mansfield Robinson, délégué par la municipalité de Shoreditch, a rédigé un rapport au président du Highways Committee sur ce sujet. Il lui a suggéré la possibilité d'utiliser pour des tramways mécaniques les lignes existantes qui ont été construites au début pour les voitures à chevaux. Mais cela n'est pas pratique, car une voie de cette sorte avec ses rails peu solides et courts, ne pourrait supporter longtemps les chocs auxquels elle serait soumise avec des voitures lourdes. Cela a été démontré du reste par la municipauté de Perth en Écosse

qui avait fait circuler un tramway à pétrole sur une voie construite, il n'y a que quelques années. Les résultats furent très décourageants, car le véhicule déraillait constamment dans les courbes et aux croisements de rues. Il fut nécessaire de reconstruire les voies et d'actionner les voitures par l'électricité. Quant à la comparaison du coût d'un tramway à pétrole avec celui d'un tramway électrique à trolley, on peut dire qu'il n'y a pas beaucoup de différence. Le tramway automobile à pétrole est plus cher d'achat que l'autre, mais pour être juste il faut faire entrer en ligne de compte le coût additionnel de l'installation aérienne pour le véhicule électrique.

Quant au coût de la station centrale, tout le monde sait qu'on peut fournir l'énergie électrique à une ligne à trolley à un prix inférieur à 10 centimes par kilowatt-heure, dans ce chiffre on comprend l'amortissement des usines, l'entretien, la dépréciation, l'intérêt sur le capital de la station, etc.

Quant au coût d'exploitation, on admet que l'on peut fournir l'électricité au trolley au taux de 10 centimes par voiture-mille. Si on compare ce prix avec celui des tramways mus par les moteurs à pétrole, d'un même nombre de places que les automobiles électriques, et qui marchent à la même vitesse on trouve que le pétrole consommé s'élève à plus de 10 centimes par voiture-mille. Il faut se souvenir que tandis qu'avec la traction électrique, l'éclairage des cars est compris dans le coût de la force motrice, ce n'est pas le cas avec les véhicules à pétrole. Il faut, de plus, que les tramways qui circulent sur des rails rigides et non pas sur des bandages en caoutchouc, soient d'une construction plus robuste que celles des omnibus. Enfin, comme on a besoin d'une accélération plus grande: il faut que la force motrice soit beaucoup plus grande sur un tramway que sur les omnibus. C'est ainsi qu'un tramway à pétrole nécessite une machine de 90 chevaux pour obtenir les mêmes résultats qu'un tramway électrique. Il ne faut pas oublier aussi que les moteurs électriques peuvent donner deux fois leur puissance normale pendant une courte période; ainsi sur un tramway électrique moderne l'équipement peut donner jusqu'à 150 chevaux. Cela n'est pas le cas avec un omnibus à pétrole, parce qu'il faut que le moteur à pétrole possède une puissance égale au maximum qui peut lui être demandé. Le moteur à pétrole est bien plus compliqué que le moteur électrique, et il faut des mécaniciens très adroits pour l'entretenir. Le coût d'entretien du moteur à pétrole est plus élevé à cause du grand nombre de pièces mobiles qu'il renferme, et des vibrations occasionnées par le mouvement alternatif de la machine. Ajoutons encore que ce moteur ne peut pas démarrer tout seul.

Quant à la durée de ces machines, on peut dire qu'elles fonctionneront très bien, si on les soigne bien, mais si on oublie de les lubrifier, on aura beaucoup de mal, et quelques-uns des cylindres pourront même ne pas fonctionner, de sorte que la machine perdra de sa puissance et son rendement sera médiocre. Pour diminuer le coût du premier établissement, on emploie ordinairement des machines à pétrole à grande vitesse, mais elles sont plus coûteuses à entretenir. Il faut que ces moteurs restent en mouvement tout le temps que le tramway stationne, et cela est bien désagréable lorsqu'on monte ou que l'on descend des véhicules. Puis l'odeur du pétrole n'est pas toujours agréable, et ce liquide présente un danger permanent d'incendie. Il est bien possible que dans les quartiers où le trafic n'est pas grand, et où les distances sont longues, les omnibus à pétrole pouront donner de bons résultats, mais pour un grand trafic avec beaucoup de voyageurs, les automobiles ne peuvent pas entrer en concurrence avec les tramways.

Le coût d'entretien des bandages (en caoutchouc) est une dépense sérieuse, on l'évalue à 25 centimes par km.

Il est vrai que le chemin de fer du *Great Northern*, et le chemin de fer de Brighton se sont décidés à adopter des trains avec moteurs à pétrole sur quelques lignes secondaires, mais dans ce cas on peut mettre tout le mécanisme au-dessous du wagon, ce qu'il n'est guère possible de faire sous un tramway vu l'exiguïté, et puis avec des distances aussi longues, on n'a pas besoin d'une accélération aussi grande, ce qui est indispensable dans les tramways d'une ville.

Une Exposition d'électricité à Londres. — La *National Electrical Manufacturers Association* a projeté d'ouvrir une exposition à Londres, en octobre prochain, qui durera quatre ou cinq semaines. Le Comité d'organisation comprendra des représentants de la *General Electric C°*, et l'*Ediswan C°*, *Veritys*, *Electrical Power Storage C°*, et l'*International Electric C°*.

Un nouveau système de fabrication de résistances. — La Compagnie *Kramos Limited* offre au public de nouveaux rhéostats, qui sont tout à fait originaux. Ils sont fabriqués à ses usines de Bath, où elle a organisé une installation remarquable comprenant surtout des presses hydrauliques. Les matériaux qui doivent constituer les résistances sont bien mélangés, puis introduits dans un moule d'où ils sortent sous forme d'un cylindre. Toutes les pièces sont de la même grandeur, une pièce de résistance élevée n'est pas plus grande qu'une pièce de résistance de un ohm, car la résistance de chaque pièce est déterminée par la nature des matériaux qui la constituent. Lorsque le courant passe, il est transformé en chaleur dans les cylindres et cette chaleur est absorbée par la résistance pendant quelque temps, puis elle est dissipée dans l'air. La possibilité d'absorption, jointe à la grande surface de radiation, font que ces résistances sont très avantageuses pour un travail intermittent. Pour le courant alternatif, les résistances Kramos donnent grande satisfaction parce qu'elles sont entièrement non inductives. Chaque pièce peut supporter une charge d'un kilowatt pendant un temps très court, ou une charge moindre d'une façon continue. On peut faire cette résistance de n'importe quel nombre

d'ohms, depuis 0.5 ohm jusqu'à 300 ohms par cylindre.

Un autre avantage de ces résistances, est que si elles sont soumises à une grande et continuelle surcharge, le circuit se rompt à leur intérieur sans aucun signe extérieur, c'est-à-dire sans arc visible et sans détérioration apparente, de sorte qu'aucun accident n'en résultera pour les autres parties du circuit. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 20 *février* 1905.

Sur le coefficient d'aimantation du bismuth et sur quelques points de repère dans l'échelle diamagnétique. — Note de M. Georges Meslin, présentée par M. Mascart. (*Extrait*). — Afin d'obtenir avec plus de certitude les coefficients d'aimantation, j'ai mesuré cette constante pour un certain nombre de corps qui ont été déjà l'objet de déterminations soit en valeur absolue, soit en valeur relative, et qui peuvent ainsi servir de points de repère. La plupart des métaux ne se prêtent guère à de telles comparaisons à cause de la difficulté qu'on éprouve pour les obtenir exempts d'impuretés; il n'en est pas ainsi pour le mercure, c'est donc à ce corps que je me suis adressé en premier lieu; le bismuth est tout indiqué à cause de la valeur élevée de sa susceptibilité magnétique; enfin j'ai également étudié deux sels, le sulfate de potasse et l'azotate de potasse, dont M. Curie a déterminé les coefficients d'aimantation.

Mercure. — En prenant pour l'eau $-0,79 . 10^{-6}$, j'ai trouvé pour résultat immédiat de la mesure $-0,180 . 10^{-6}$, et, en faisant la correction due au magnétisme de l'air, correction qui ici est additive et atteint 0,005, on a $-0,185 . 10^{-6}$.

Les résultats de Plücker fournissent $-0,182 . 10^{-6}$ et ceux de Quincke $-0,185 . 10^{-6}$; ces deux nombres ont été calculés en prenant pour l'eau le même point de départ ($-0,79 . 10^{-6}$) : il n'y a aucune difficulté pour le nombre de Plücker, car les valeurs qu'il indique sont rapportées à l'eau dont le pouvoir était pris égal à 100; Quincke fournit au contraire dans ses Tableaux des nombres d'un ordre de grandeur tout à fait différent pour les valeurs absolues des susceptibilités magnétiques :

$$-4,278 . 10^{-10} \text{ pour l'eau } \quad \text{et} \quad -13,42 . 10^{-10} \text{ pour le mercure};$$

voici comment ces nombres sont transformés : on obtient d'abord les coefficients d'aimantation en les divisant respectivement par les densités qui sont d'ailleurs indiquées dans le Mémoire, 0,998 pour l'eau, 13,546 pour le mercure; il suffit de prendre le rapport et de le multiplier par $-0,79 . 10^{-6}$. Les nombres que l'on obtient ainsi sont beaucoup plus grands que ceux indiqués par Quincke (2000 fois plus grands environ); cela tient à ce que ces derniers doivent être en réalité multipliés par 2 g ou 2×981; on obtient alors

$$-0,839 . 10^{-6} \text{ pour l'eau } \quad \text{et} \quad -0,195 . 10^{-6} \text{ pour le mercure}.$$

Telles sont, dans le système C.G.S., les valeurs absolues que l'on peut déduire des expériences de Quincke; ces remarques s'appliquent à tous les autres nombres extraits du même Tableau et dont j'ai parlé dans une précédente Note. En prenant pour l'eau $-0,79 . 10^{-6}$, on aurait pour le mercure $-0,183 . 10^{-6}$, comme il est dit plus haut.

Bismuth. — Pour le bismuth cristallisé, j'ai obtenu à 10° $-1,39 . 10^{-6}$, en tenant compte de la correction de l'air qui, ici encore, était additive et atteignait 0,05; pour le bismuth fondu, j'ai obtenu de même $-1,42 . 10^{-6}$.

M. P. Curie donne $-1,35 . 10^{-6}$ comme moyenne à 20° (¹) d'une série de mesures qui ont porté sur plusieurs échantillons et qui ont fourni des valeurs comprises entre 1,38 et 1,34. Voici d'ailleurs un Tableau d'ensemble relatif aux principales mesures faites sur le bismuth (²).

	Valeur relative. Eau.	Valeur relative. Bismuth.	Valeur absolue . (-10^6).	
Faraday.	96,6	$\frac{1967,6}{9,82} = 200,5$	1,64	En prenant pour l'eau 0.79
Becquerel. . . .	60	$\frac{217,6}{9,82} = 22,16$	1,75	
Curie			1,35	
Ettinghausen . .			$\frac{14,15}{9,82} = 1,44$	

Le nombre adopté comme résultat des expériences d'Ettingshausen sur la susceptibilité magnétique, 14,15, est la moyenne d'une série de nombres obtenus par différentes méthodes et qui sont :

13,57 13,99 14,54 13,48 14,11 15,30 13,10 13,60

Les premières expériences d'Ettingshausen, combinées avec les résultats de Christie, donnaient comme moyenne 14,6 qui a été adoptée par beaucoup de physiciens; c'est cette valeur qui a servi à calculer les susceptibilités magnétiques qui figurent dans plusieurs Traités classiques (Mascart et Joubert, 1re édition); la susceptibilité $-14,6 . 10^{-6}$ donnerait $-1,49 . 10^{-6}$ pour le coefficient d'aimantatation spécifique du bismuth.

Sulfate de potasse et azotate de potasse. — J'ai obtenu pour le sulfate $-0,42 . 10^{-6}$ et pour l'azotate $-0,32 . 10^{-6}$, en tenant compte de la correction due à l'air; cette correction, additive pour le premier de ces corps, atteignait 0,004; pour le second elle était soustractive et deux fois moindre en valeur absolue.

Ces nombres s'écartent très peu de ceux qu'a obtenus M. Curie et qui sont, toutes corrections faites :

$$-0,43 . 10^{-6} \text{ pour le sulfate de potasse et } -0,33 . 10^{-6} \text{ pour l'azotate}.$$

Deux lianes caoutchoutifères méconnues. — Note de M. E. de Wildeman, présentée par M. Guignard.

(¹) Cette valeur correspond à $-1,38 . 10^{-6}$ à 9°.

(²) Faraday et Becquerel n'ayant déterminé que les valeurs relatives de la susceptibilité, valeurs qui figurent dans les deux premières colonnes, on a calculé la valeur absolue du coefficient d'aimantation du bismuth en prenant pour le coefficient de l'eau $-0,79 . 10^{-6}$ et pour la densité du bismuth 9,82.

(*Extrait*). — Pendant bien longtemps, le caoutchouc exporté en si grande quantité de l'Afrique tropicale fut considéré comme produit par une seule liane du genre *Landolphia*. Jusque dans ces dernières années, on rapporta très souvent la production du caoutchouc au *Landolphia florida* répandu dans tout le centre africain. Les recherches récentes ont non seulement fait voir que le *Landolphia florida* n'est pas une espèce exploitée par l'indigène, son latex étant sans valeur, mais encore que plusieurs lianes du même genre peuvent fournir du caoutchouc et que les genres voisins, tels que *Clitandra*, renferment des plantes qui tiennent une place très importante parmi les producteurs du caoutchouc africain.

Ces recherches ont en outre démontré l'exploitabilité de certains arbres; mais la production du caoutchouc africain de lianes semblait provenir uniquement d'espèces du petit groupe des Landolphiées. Il existe cependant en Afrique centrale d'autres genres dont certaines espèces fournissent du caoutchouc; nous en avons eu récemment la preuve. On nous a, en effet, envoyé pour la détermination une liane caoutchoutifère congolaise pouvant atteindre une quinzaine de mètres de hauteur et dont les tiges, privées de vrilles, sont volubiles. Cette liane appartient au genre *Baissea* et à l'espèce décrite par le botaniste allemand Karl Schumann sous le nom de *Guerkea gracillima*, nom qui à la suite de recherches de M. H. Hua a dû être modifié en *Baissea gracillima*. Cette liane signalée au Cameroun et au Congo français (Loudima et Mayombe-Thollon) n'avait pas encore été indiquée dans le domaine de l'État indépendant du Congo où elle est désignée sous le nom de *Ete*.

Pendant le courant de l'année 1904, nous avons reçu presque simultanément, de la région du Kasai et du centre du Congo, des éléments d'une seconde liane caoutchoutifère, le *Periploca nigrescens* Afz. Celle-ci appartient à la famille des Asclépiadacées et à un genre dont une autre espèce, le *Periploca graeca*, a parfois été considérée comme plante caoutchoutifère. Le caoutchouc de *Periploca* est noir et de bonne qualité.

L'exploitation de cette liane n'est possible que par coupe réglée, comme cela a été préconisé pour d'autres lianes. Le *Periploca nigrescens* repousse très facilement du pied, il peut se multiplier par boutures et, d'après certaines indications, deux ans après la coupe les nouveaux rejets pourraient être exploités à leur tour.

Séance du 27 février 1905.

Sur les rayons cathodiques émis par l'anode. — Note de M. E. Rogovsky, présentée par M. Lippmann. (Voy. les *Comptes rendus*).

Tension superficielle d'un diélectrique dans le champ électrique. — Note de M. Ch. Fortin, présentée par M. J. Violle. — Quand la surface de séparation de deux diélectriques fluides est placée dans un champ électrique, on sait qu'il se manifeste des attractions et, pour interpréter certaines expériences de cette nature, on est conduit à se demander si la tension superficielle n'est pas modifiée sous l'action du champ. C'est la question que je me suis posée au cours des recherches commencées en 1903.

Pour la résoudre, la méthode employée consistait à produire l'ascension capillaire d'un liquide diélectrique entre les deux armatures planes et parallèles d'un condensateur, et à observer la dénivellation qui accompagne l'établissement du champ électrique. Deux causes peuvent être assignées à cette dénivellation : d'abord les attractions électriques étudiées par M. Pellat [1] produisent une dénivellation égale à $\frac{K-1}{8\pi dg}\frac{V^2}{e^2}$ (en appelant K le pouvoir inducteur spécifique du liquide, d sa densité, g l'accélération de la pesanteur, e la distance des armatures, V leur différence de potentiel); en second lieu une variation éventuelle DA de la tension superficielle sous l'action d'un champ électrique normal à la surface produirait une dénivellatinn égale à $\frac{2DA}{edg}$. La dénivellation totale peut donc s'écrire :

$$a = \frac{K-1}{8\pi dg}\frac{V^2}{e^2} + \frac{2DA}{edg}. \qquad (1)$$

Malgré la présence gênante de la première cause de dénivellation, on peut trancher la question de savoir s'il y a une variation notable de la tension superficielle. L'expérience montre en effet que, pour une distance donnée des armatures, a est proportionnelle à V^2 : il en est de même pour DA d'après l'égalité (1); et comme DA ne peut être fonction que du champ électrique $F = \frac{V}{e}$, il en résulte que DA est proportionnel au carré du champ. On peut donc poser : $DA = BF^2$, et l'égalité (1) devient

$$\frac{a}{F^2} = \frac{K-1}{8\pi dg} + \frac{2B}{edg}.$$

On voit que si B est nul, c'est-à-dire si le champ ne produit aucune modification de la tension superficielle, le rapport $\frac{a}{F^2}$ doit être indépendant de la distance e des armatures, ce qui n'aurait pas lieu dans l'hypothèse contraire. Il suffit donc, pour trancher la question, de vérifier si le rapport $\frac{a}{F^2}$ varie avec la distance des armatures.

L'appareil se composait essentiellement de deux lames de glace platinées ou argentées transparentes, maintenues, les faces métallisées en regard, par des pinces, et séparées par des cales de verre. L'épaisseur des cales, déterminée au sphéromètre, fournissait une mesure de la distance des lames, et l'uniformité de cette distance pouvait être contrôlée par l'observation, en lumière monochromatique, des franges d'interférence dans la lame d'air interposée. Le tout constituait un condensateur à armatures transparentes, fixé verticalement, ayant environ 10 cm de hauteur et 8 cm de largeur, et

---

[1] *Comptes rendu*, t. CXXIII, p. 691.

dont les armatures plongeaient, à leur partie inférieure, dans une cuve remplie de pétrole. Les lames étant bien mouillées par le liquide, le ménisque, visible par transparence dans toute sa longueur, était pointé en son milieu au moyen d'une lunette de cathétomètre munie d'un oculaire à vis micrométrique : le micromètre, une fois taré, servait à mesurer la dénivellation produite par le champ électrique. La différence de potentiel nécessaire était alternative (42 périodes par seconde), précaution généralement adoptée dans les expériences de cette nature. Cette différence de potentiel, fournie par un transformateur, était mesurée au moyen d'un voltmètre Elliott préalablement étalonné.

Parmi les résultats obtenus, je citerai deux séries de mesures dans lesquelles la distance des armatures fut respectivement

$$e_1 = 0{,}0255 \text{ cm}, \qquad e_2 = 0{,}0124 \text{ cm}.$$

Dans les deux cas, la dénivellation se montra proportionnelle au carré du champ, qui fut poussé au delà de 20 000 v par cm. Les dénivellations correspondant à une même valeur de champ, égale à 20 000 v par cm, furent respectivement

$$a_1 = 0{,}240 \text{ cm}, \qquad a_2 = 0{,}246 \text{ cm}.$$

La différence est de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales, et il est intéressant de calculer la limite supérieure qu'on peut en déduire pour la variation relative de tension superficielle sous l'action du champ. Un calcul simple donne pour la variation absolue DA :

$$DA < 0{,}0568 \text{ dyne par cm.}$$

Et comme la tension superficielle du pétrole est de 25,5 dynes par cm, on arrive à la conclusion suivante :

Dans un champ électrique de 20 000 volts par cm, normal à la surface, la variation relative de la tension superficielle du pétrole est inférieure à $\frac{1}{450}$.

On peut en conclure aussi que la dénivellation d'environ 2,5 mm citée plus haut est due tout entière à l'attraction du diélectrique par le champ électrique. Le dispositif du condensateur à armatures transparentes et rapprochées permet donc d'observer à l'œil nu et même de projeter ce phénomène difficile à mettre en évidence par d'autres moyens (dans les expériences ci-dessus rapportées de M. Pellat, les plus grandes dénivellations observées ne dépassèrent pas 0,066 mm).

Le même dispositif se prête également bien aux mesures, et l'on peut fonder sur ce principe une méthode de mesure du pouvoir inducteur spécifique. Les nombres précédents conduisent pour celui du pétrole à la valeur

$$K = 2{,}08.$$

Sur l'ionisation due à l'émanation du radium. — Note de M. William Duane, présentée par M. A. Potier. (Voy. les *Comptes rendus*).

Étude comparative sur l'action de la cage autoconductrice et du lit condensateur dans le traitement de l'hypertension artérielle par la d'Arsonvalisation. — Note de MM. A. Moutier et A. Challamel, présentée par M. A. d'Arsonval. (Voy. les *Comptes rendus*).

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 3 mars 1905.

La capacité des longs câbles sous-marins, par M. Devaux-Charbonnel. — L'objet de la présente Communication est de proposer une nouvelle méthode pour la mesure de la capacité des longs câbles.

Les câbles sous-marins télégraphiques sont essentiellement des condensateurs. Ils se composent d'un conducteur central isolé par un diélectrique, la gutta-percha, et protégé par une couche de fils de fer jointifs. Pendant les transmissions le conducteur est relié à une pile, dont un pôle est à la terre, l'armure en contact avec l'eau de mer est maintenue au potentiel du sol. Le câble constitue donc un condensateur cylindrique, dont la capacité serait fixe et bien déterminée si le diélectrique était de l'air. Malgré l'hétérogénéité que présente toujours la gutta, cette condition est néanmoins réalisée, au moins dans les conditions d'emploi des câbles. Les tensions ne sont jamais supérieures à 50 volts, le nombre des signaux est toujours voisin de 10 par seconde, de sorte que les forces électromotrices sont toujours faibles ainsi que la fréquence des courants.

La capacité est donc une quantité qui reste constante pendant les différentes phases des transmissions. La détermination exacte de sa valeur est du plus grand intérêt. La théorie et la pratique s'accordent pour démontrer que la propagation des courants ne dépend que de la résistance et de la capacité. La résistance se mesure sans difficulté. La capacité, au contraire, n'a jamais jusqu'à présent été déterminée avec précision. Il y a tout lieu de le regretter car cet élément joue le plus grand rôle dans le rendement du câble, dans sa vitesse de transmission et il est également le seul qui permette de déterminer le point de rupture du câble dans le cas où la rupture est accompagnée d'un isolement du conducteur.

En général, la mesure d'une capacité C se ramène à celle de la quantité d'électricité Q que prend un condensateur quand on le charge avec une force électromotrice E. On a, par définition,

$$Q = CE.$$

Pour les câbles la mesure de Q est difficile parce que le phénomène de la charge n'est pas instantané. On peut facilement déduire des formules données antérieurement, à propos d'une étude sur la propagation du courant[1], la valeur du courant de charge au début du câble, et le rapport de la charge prise à la charge totale en fonction du temps. On trouve

$$I = \frac{2E}{R} \sum_{1}^{\infty} e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{4CR}}$$

[1] *Éclairage électrique*. 20 avril 1902.

et

$$\frac{\int_0^t I dt}{CE} = \frac{8}{\pi^2} \sum_1 \frac{1}{n^2} \left(1 - e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{4CR}}\right)$$

où n représente la suite des nombres impairs. En posant

$$I_0 = \frac{E}{R},$$

valeur du courant en régime permanent, et en désignant par A et B les quantités

$$A = \frac{I}{I_0}, \qquad B = \frac{\int_0^t I dt}{CE}$$

on peut calculer le Tableau suivant qui montre que la charge n'est pas encore complète au bout d'un temps $t = 2CR$.

En poursuivant plus loin le calcul on trouve qu'à $5CR$ la charge est complète à 4 dix-millièmes près. On peut alors admettre que le phénomène est pratiquement terminé. Pour les grands câbles, CR varie entre 6 et 8 secondes. La charge dure donc près d'une demi-minute :

$\frac{CR}{t}$.	A.	B.
0,001	20,14	0,06
0,01	5,60	0,11
0,1	1,78	0,36
0,5	0,58	0,76
1,0	0,17	0,82
2,0	0,01	0,99

On ne peut espérer mesurer la charge d'un câble par les méthodes usuelles du galvanomètre balistique ou du pont de Wheatstone, qui supposent que la charge est instantanée. Il faut avoir recours à des procédés indirects.

La méthode la plus usitée et qui a donné jusqu'à présent les meilleurs résultats est celle de Thomson.

Elle consiste à charger un condensateur en même temps que le câble en disposant l'expérience de façon que les charges soient égales et de signe contraire. Après avoir mélangé les charges, l'ensemble doit être revenu à l'état neutre. On le vérifie au moyen d'un galvanomètre qu'on relie au point de jonction et l'on fait varier les conditions expérimentales jusqu'à ce que le résultat désiré soit atteint. On déduit facilement, de la charge connue qu'a prise le condensateur, celle du câble et par conséquent sa capacité.

Les nombres qu'on obtient dans une série d'expériences ne sont jamais concordants. Le temps pendant lequel le condensateur et le câble doivent être réunis après avoir été chargés est voisin d'une demi-minute. Les pertes par isolement, par pénétration de la charge dans le diélectrique, viennent fausser les résultats. Les variations de potentiel du sol compliquent encore le phénomène.

Même en répétant les déterminations, une assez grande incertitude affecte le chiffre qui est adopté comme moyenne, à cause de la discordance des nombres individuels. Ce chiffre, d'ailleurs, est généralement trop faible à cause des pertes que ne peut éviter la méthode.

Il y a donc intérêt à chercher un procédé expérimental qui permette de faire la mesure dès que la liaison de la pile et du câble est rompue.

Afin de se rapprocher des conditions réalisées pendant les transmissions, il est également très utile de réduire la durée de la charge.

L'auteur propose la méthode suivante :

Charger en même temps que le câble un condensateur C_1 de comparaison disposé en cascade. Le temps de charge est considérablement réduit.

Des formules

$$I = \frac{2C_1^2 E \pi^2}{C^2 R} \sum_0^\infty n^2 e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{CR}}$$

et

$$\frac{\int_0^t I dt}{CU} = 1 - 2 \sum_0^\infty e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{CR}}$$

où U représente le potentiel du câble et où l'on a donné à n la série des valeurs entières, on déduit le Tableau suivant où A' et B' sont les analogues des quantités A et B calculées précédemment :

$\frac{CR}{t}$.	A'.	B'.
0,1	0,419	0,22
0,2	0,139	0,72
0,3	0,052	0,90
0,5	0,008	0,99

La charge est 4 fois plus rapide, elle est complète à 8 dix-millièmes près au bout de $0,8CR$, c'est-à-dire au bout de 5 à 6 secondes dans les cas les plus défavorables.

A ce moment on a l'égalité

$$C_1(E - U) = CU.$$

Il suffit de supprimer la liaison du câble C et du condensateur C_1 et de relier ce dernier à la terre pour qu'il prenne instantanément un complément de charge

$$Q' = C_1 U$$

qu'on mesure au moyen d'un galvanomètre balistique.

On mesure de même la quantité $C_1 E = Q_1$.

On en déduit C par la formule simple

$$C = C_1 \frac{Q_1 - Q'}{Q'}.$$

Les phénomènes d'absorption, les pertes légères dues à l'imperfection de l'isolement n'affectent pas la méthode.

En opérant successivement avec les pôles positif et négatif de la pile, on élimine très facilement les erreurs dues aux variations du potentiel du sol tout le long du câble.

Voici la série des résultats obtenus le 8 février dernier sur le câble de Brest à Dakar :

1120 microfarads.
1100 —
1116 —
1100 —
1100 —
1116 —

Les résultats sont assez concordants pour qu'on puisse admettre que la moyenne 1109 microfarads est exacte à 2 ou 3 microfarads près. La moyenne d'un plus grand nombre de mesures serait encore plus exacte.

La capacité déduite des mesures effectuées en usine sur les différentes sections est de 1050 microfarads. Les résultats obtenus tendent à confirmer cette hypothèse, qui n'a pas encore été nettement vérifiée, que les fortes pressions, atteignant 500 kg : cm², auxquelles le câble est soumis dans les grandes profondeurs, en diminuant l'épaisseur du diélectrique ont pour effet d'augmenter sa capacité.

JURISPRUDENCE

VOL DE COURANT ÉLECTRIQUE

A Pagny-sur-Moselle, une usine distribue l'énergie électrique aux habitants. Cette usine comptait au nombre de ses abonnés un sieur V.... Un jour que le monteur de l'usine s'était rendu chez lui pour vérifier son compteur, il remarqua que les deux bornes saillantes de l'appareil étaient réunies par deux fils et que, grâce à cette disposition, ajoutée subrepticement, le courant électrique arrivait directement aux lampes sans passer par le compteur, qui se trouvait hors circuit, et marquait le chiffre 1721. Ceci se passait le 14 mars de l'année dernière. Le 22 mars suivant, s'étant rendu de nouveau chez cet abonné, le même monteur, accompagné cette fois du contremaître, constata que ce compteur continuait à être hors circuit et à marquer le chiffre de 1721, bien que dans l'intervalle des deux visites les lampes eussent été allumées. Il en fit aussitôt l'observation à V..., et celui-ci, montant vivement sur son établi, sépara les fils en s'écriant : « Vous pouvez certifier l'avoir vu, moi je le nierai. »

A la suite de ces faits, une plainte fut immédiatement portée par le directeur de l'usine contre V... du chef de vol de courant.

Le lendemain, la gendarmerie, prévenue, se présentait chez le sieur V..., procédait à une enquête et constatait que le compteur indiquait le chiffre de 1726, d'où il était permis d'induire que la consommation journalière de V... pouvait être évaluée à environ 5 hw-h. En fait, il fut démontré que V... seul avait pu être l'auteur de la soustraction commise au détriment de l'usine. V... fut donc condamné de ce chef par un jugement du tribunal de Nancy du 7 mai 1904. Mais il soutint que l'électricité n'était pas susceptible de vol, fit appel de ce chef devant la Cour d'appel de cette ville, et dès lors se posa *in terminis* devant cette juridiction la question de savoir si véritablement l'électricité était ou non une chose susceptible de vol. Nous avons déjà eu, dans ce journal même, l'occasion d'examiner cette question.

Mais nous ne l'avons examinée qu'occasionnellement par voie d'espèce. Le moment est peut-être venu de la résoudre d'une façon plus générale, car elle a donné lieu, depuis nos articles, à de nombreuses divergences, tant en France qu'à l'étranger, et a appelé d'une façon particulière l'attention des jurisconsultes et des criminalistes.

Lorsqu'on se pose la question de savoir si l'électricité est susceptible de vol, la raison de douter se tire des expressions employées par l'article 379 du Code pénal, portant que « quiconque a soustrait frauduleusement une *chose* qui ne lui appartient pas est coupable de vol ». Mais qu'est-ce donc qu'une chose ? l'électricité est-elle une chose? Comment déterminer sa nature juridique en laissant de côté sa nature physique? C'est en partant de ce point de vue que la jurisprudence allemande, ayant à interpréter un texte différent sans doute du nôtre, mais mettant en jeu des principes analogues, a pu se refuser à appliquer la peine du vol à l'individu qui, au moyen de manœuvres frauduleuses, a fait usage d'un courant électrique qu'il ne produisait pas, et qu'il n'a fallu rien moins qu'une loi spéciale dans un pays pour punir ce délit. Comme le fait observer notre collègue M. G. Pilon, qui a fait paraître une savante étude sur la question dans la Revue trimestrielle de droit : « Ayant remarqué qu'en physique on abandonne de plus en plus l'idée ancienne d'après laquelle l'électricité est constituée par un fluide indépendant pour n'y voir qu'un état du milieu diélectrique, on en conclut qu'elle n'est pas une chose susceptible de vol ». C'est également l'idée de certains jurisconsultes italiens, Pipia notamment, qui, adoptant la théorie allemande, peuvent dire : « Une chose est une portion actuelle du monde extérieur que l'on peut toucher, qui existe comme entité physique. Or, l'énergie électrique est invisible, impondérable, incoercible, elle n'existe pas comme entité, mais seulement comme état ».

Cette théorie est-elle bien conciliable avec celle qui reconnaît la parfaite validité (et tout le monde en est là) des contrats de fourniture d'électricité? Il suffit de poser la question pour la résoudre. Aussi, notre jurisprudence française, qui applique tous les jours sur ce terrain du droit civil cette règle que les obligations dérivant d'un marché de fourniture d'électricité doivent être observées, à peine de nullité, n'a-t-elle jamais hésité à la rejeter, et on peut citer, en dehors de celles que nous avons fait connaître ici même, de nombreuses décisions qui ont appliqué la peine du vol aux auteurs de détournement de courant électrique : Trib. correct. Troyes, 7 nov. 1893 (D. 95, 2, 102); Trib. correct. Toulouse, 12 mai 1897 (*G. Pal.*, 1904, 2, S. p. 393); Trib. correct. Bordeaux, 17 janvier 1898; Trib. correct. Seine, 9 juillet 1900 (*G. Pal.*, T. Q., 1897, 1902, v^{e} vol., n° 25); 28 sept. 1900 (*G. Pal.*, 1900, 2, 546); Toulouse, 7 janv. 1901 (S. 1902, 2, 18); Trib. correct. Nantua, 7 mars 1903 (D. 1903, 3, 337). M. Pilon, qui approuve cette jurisprudence, la justifie en disant qu'à l'instar du législateur, qui, pour déterminer la nature juridique des biens, ne

s'est jamais préoccupé de leur nature physique, mais s'est simplement borné à rechercher s'ils sont mobiliers ou immobiliers, et susceptibles ou non d'appropriation privée, le jurisconsulte et les magistrats doivent se limiter aux mêmes recherches; et que, comme il n'est pas niable que l'électricité puisse être transportée, accumulée, mesurée et assouplie aux différents usages, elle doit être, au point de vue du vol, traitée comme toutes les choses mobilières susceptibles d'appropriation privée. Ce sont ces conclusions mêmes, auxquelles s'est arrêtée la Cour de Nancy dans l'espèce citée au début de cet article en confirmant le jugement du Tribunal. Son arrêt, qui est du 13 juillet 1904, porte dans ses considérants principaux : « Attendu que quel que soit l'aspect sous lequel l'électricité doive être envisagée, qu'on la considère comme un fluide ou une énergie, il est incontestable qu'elle est susceptible d'une propriété privée par l'accumulation qui en est faite, la direction qu'on lui donne, l'usage auquel on l'emploie, force, chaleur ou lumière ; qu'en consommant donc sans la payer, puisque le compteur par lequel elle ne passait plus n'enregistrait pas son débit, une certaine quantité d'électricité, V... a ainsi fait mainmise, à l'insu de son propriétaire et contre son gré, sur une chose qui ne lui appartenait pas et se l'est appropriée frauduleusement ;

« Attendu qu'on objecterait vainement qu'en l'espèce il ne peut y avoir appréhension frauduleuse, puisque l'électricité était remise volontairement par F. N... à V...; que cette remise, tout d'abord, était subordonnée à la condition que l'électricité passât par le compteur; qu'il est certain, d'autre part, que F. N... (le directeur de l'usine) gardait jusqu'au compteur la propriété exclusive de l'électricité qu'il avait produite, et que c'est seulement lorsqu'elle avait franchi l'appareil, après y avoir été enregistrée, qu'elle était remise à V..., qu'en la soustrayant donc avant son passage par le compteur, et ce à l'aide de moyens frauduleux, le prévenu s'est rendu, par la suite, coupable du délit de vol retenu à sa charge par les premiers juges..., etc. »

Nous estimons qu'on ne pouvait mieux dire, et que la théorie de notre doctrine et de notre jurisprudence française, bien assise sur l'équité et sur le droit, n'a rien à envier aux hésitations et aux argumentations trop nébuleuses à notre sens produites de l'autre côté des Alpes ou du Rhin.

Adrien Carpentier,
Agrégé des Facultés de droit,
Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

Téléphones de l'Industrie électrique :

Rédaction : N° **812-89.**

Administration { N° **704-23.** / N° **704-44.**

BIBLIOGRAPHIE

L'Année électrique, électrothérapique et radiographique, par le Dr Foveau de Courmelles. — *Ch. Béranger*, éditeur, Paris, 1905. — Format 16 × 12 cm; 372 pages (Annonces comprises). — Prix : 2,50 fr.

J'aime trop la petite marmite en général pour ne pas apprécier en la circonstance celle du Dr Foveau de Courmelles. Je n'en goûte, il est vrai, qu'une fois par an; mais cela suffit. Les nouveautés en électricité générale y tiennent (peut-être pour cause) une place modeste, un tiers environ du volume; tout le reste est plus ou moins directement dévolu à la spécialité électrothérapique de l'auteur, dont on ne peut méconnaître d'ailleurs la somme considérable de travail, en une carrière dont nous ignorons la longueur, à en juger par les 30 ouvrages divers publiés par lui depuis quelque quinze ans et énumérés au dos de son livre.

Nous ne pouvons lui faire une meilleure réclame qu'en le rappelant. Nous ajoutons qu'il y a toujours quelque chose à retirer, ne fût-ce qu'au point de vue de l'histoire des sciences, des patientes compilations et découpures constitutives de cette publication annuelle. E. Boistel.

Die asynchronen Drehstrommotoren. (Les moteurs polyphasés asynchrones), par le Dr G. Benischke. — *F. Vieweg et fils*, éditeurs, Brunswick, 1904. — Format : 22 × 14 cm; 172 pages. Prix : 7 fr.

Ce volume est le cinquième fascicule de la collection allemande intitulée « L'Electrotechnique par monographies », publiée sous la direction du Dr Benischke, dont nous avons eu déjà l'occasion de parler [1]. Il a pour titre complet « Les moteurs polyphasés asynchrones, Fonctionnement, Essai, Calcul » et est une nouvelle contribution à cette série de travaux destinés à mettre promptement au courant, selon les besoins imprévus de leur carrière, les ingénieurs obligés de mettre en œuvre certaines applications de l'électricité — qui vient aujourd'hui se fourrer un peu partout — avec lesquelles ils ne sont pas familiarisés.

Indiquées presque complètement par le titre, les divisions de ce fascicule se résument en : Introduction, — Fonctionnement, — Circuits, — Démarrage et régulation, — Exploitations spéciales par machines asynchrones — Essai desdits moteurs, — Calculs y afférents.

Analogue à nos publications « Encyclopédie des Aide-mémoire », feu « Scientia », etc., cette remarquable collection est déjà redevable à M. Benischke personnellement de trois de ses premiers fascicules, savoir : Protection des grandes exploitations électriques contre les

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, 1903, p. 187.

décharges atmosphériques, — Fonctionnement des alternateurs en parallèle, — Lois fondamentales de la technique des courants alternatifs. Un seul, et non des moins intéressants, sur lequel nous aurons à revenir, est dû à M. Michalke; c'est celui relatif aux « Courants vagabonds provenant des tramways électriques ».

Cette sommaire indication des sujets traités jusqu'alors justifie l'appréciation que nous avons donnée de la publication. Nous ajouterons qu'elle est non moins agréable comme forme que sérieuse comme fonds. La netteté et la clarté de la mise en pages, aussi bien que l'exécution des figures ne laissent rien à désirer. E. Boistel.

Die Tarife Schweizerischer Elektrizitätswerke für den Verkauf elektrischer Energie (Tarifs des stations électriques de Suisse pour la vente de l'énergie électrique), par Wyssling. — *F. Amberger*, éditeur, Zurich, 1904. — Format : 235 × 155 mm; 85 pages. Prix : ?

La question de tarification de l'énergie électrique intéresse trop directement et généralement les producteurs et les consommateurs pour que nous manquions de signaler ici cette plaquette d'autant plus digne de fixer l'attention qu'elle émane de cette Suisse si laborieuse et si féconde, toujours pratique et souvent à la tête du mouvement et des progrès industriels, plus à même d'ailleurs qu'aucun autre pays de trouver chez elle, en l'espèce, les différents éléments d'appréciation et de solution du problème, en raison de ses nombreuses et simultanées applications des houilles blanche et noire.

Revue de la statistique servant de base à cette étude, — Tarifs d'éclairage, — de chauffage, — et de traction; tels sont les grandes lignes de ce travail qui nous semble emprunter chez nous un intérêt tout particulier à la situation future de notre régime économique à cet égard, à commencer par Paris dont le *modus faciendi* servira certainement, un jour, de base ou de terme de comparaison à de nombreuses applications différentes, quelle que soit sa condition spéciale comme importance.

E. Boistel.

Elektrizität gegen Feuersgefahr (L'électricité contre les dangers d'incendie), par J. Weil. — *Th. Thomas*, éditeur, Leipzig, 1905. — Format : 27 × 18 cm; 227 pages. Prix : 9,50 fr.

La facilité avec laquelle les procédés actuels de reproduction plus ou moins photographique permettent d'illustrer les ouvrages tend à les convertir en véritables livres d'images ou albums qui, pour le plus grand bonheur des auteurs et éditeurs, en étendent la destination et la vente par leur attrait pour le gros public ou les gens du monde. De ce nombre est le volume ici annoncé qui, à côté de son caractère sérieux, nous offre de nombreux spécimens d'appareils dont la vue en perspective est plus plaisante qu'instructive et qui nous donnerait au besoin, par-dessus le marché, les portraits authentiques des pompiers allemands dont il reproduit de véritables charretées sous prétexte de montrer les voitures électriques destinées à les transporter.

« Manuel de la police du feu et de la télégraphie de sécurité contre l'incendie », ce volume fait ressortir avec raison le rôle important qu'a pris l'électricité parmi les précautions contre ce fléau et parmi les moyens de le combattre. Les dispositifs d'avertisseurs et leur fonctionnement font l'objet des premiers chapitres, suivis de la description des appareils électriques relatifs à l'extinction des incendies. Les dispositions d'ensemble prises, à ces deux points de vue, dans les principales villes d'Allemagne, notamment en ce qui concerne les théâtres, docks et magasins, avec indication du rôle de l'éclairage et du transport de l'énergie par l'électricité en cette matière, complètent le volume auquel une élégante couverture « modern style » donne finalement l'entrée des salons. E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

---

347 695. — **Carson.** — *Bobine de self plus spécialement destinée à être adjointe aux parafoudres des lignes électriques* (5 novembre 1904).

347 729. — **Clark.** — *Interrupteur électrique* (8 novembre 1904).

347 737. — **Johnson.** — *Interrupteurs électriques pour courants à haute fréquence* (8 novembre 1904).

347 712. — **Senemaud.** — *Électrolyseur à diaphragme hydraulique et électrodes en lames de persiennes* (16 janvier 1904).

347 476. — **Crehore.** — *Système télégraphique* (5 octobre 1904).

347 540. — *Dispositif antiseptique pour appareils téléphoniques* (29 octobre 1904).

347 409. — **Lundell.** — *Moteur à courant alternatif* (25 octobre 1904).

347 455. — **Voltage Controller C°.** — *Contrôleur pour moteurs électriques* (26 octobre 1904).

347 465. — **Csanyi, Klupathy et de Barczay.** — *Élément galvanique renversable* (27 octobre 1904).

347 492. — **Mouterde.** — *Accumulateur cylindrique avec dispositif particulier des électrodes* (29 octobre 1904).

347 495. — **Haskell.** — *Pile thermo-électrique* (27 octobre 1905).

347 517. — **Aron.** — *Rhéostat* (28 octobre 1904).

347 551. — **Schmid.** — *Poste central électrique domestique complet et portatif* (29 octobre 1904).

347 579. — **Carpentier.** — *Appareil thermique de mesures électriques* (24 octobre 1904).

347 445. — **Kuchinka.** — *Dispositif d'interruption en cas de rupture d'un conducteur aérien* (27 octobre 1904).

347 458. — **Société Badische Anilin und Soda-Fabrik.** — *Procédé servant à atténuer le décalage de phases dans les circuits à arcs* (27 octobre 1904).

347 480. — **Klein.** — *Commutateur électrique* (14 octobre 1904).

347 505. — **Carter et Parsons.** — *Perfectionnements apportés aux coupe-circuit automatiques de sûreté pour câbles de trolley* (28 octobre 1904).

347 520. — **Gaillard.** — *Appareillage pour la prise du courant dans la traction électrique à conducteur souterrain* (28 octobre 1904).

347 536. — **Perret.** — *Électro-aimant cuirassé* (29 octobre 1904).

347 561. — **Société Siemens-Schuckert Werke.** — *Système protecteur des conducteurs d'électricité contre les excès de tension* (31 octobre 1904).

347 598. — **Bourgeois.** — *Refroidisseurs à ailettes pour électrodes de fours électriques* (6 janvier 1904).

347 245. — **Cameron.** — *Commutateur automatique* (20 octobre 1904).

347 604. — **Electric and Train Lighting Syndicate Limited.** — *Dynamo avec dispositif auto-régulateur du courant* (2 novembre 1904).

347 660. — **Zani.** — *Bâti d'inducteur pour alternateurs* (4 novembre 1904).

347 676. — **Société Wolf junior et Cie.** — *Procédé d'assemblage intime des deux métaux d'un élément thermo-électrique à foyer* (5 novembre 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

Compagnie Thermo-Électrique (Système Hermite). — Cette compagnie, provisoirement établie sous forme de commandite, a été définitivement constituée en Société anonyme le 14 janvier 1905.

Elle a pour objet : l'exploitation en France, dans les Colonies françaises et dans tous les pays étrangers et leurs colonies, des brevets d'invention pris par MM. Eugène Hermite et Charles-Friend Cooper et par eux apportés à la Société aux termes de ses statuts originaux, ainsi que de tous autres qui ont pu être pris depuis la formation de la Société ou que pourraient encore prendre MM. Hermite et Cooper pour le même objet; la prise de tous les brevets étrangers se rattachant aux brevets français et qui ne seraient pas encore pris à la date de la transformation de la présente société; la prise et l'achat de tous autres brevets se rattachant aux inventions de MM. Hermite et Cooper, la mise en pratique de ces brevets ainsi que de tous certificats d'addition pris ou à prendre pour les mêmes inventions; l'exploitation en tous pays de toutes autres inventions se rattachant à la Thermo-Électricité brevetées ou non en France ou à l'étranger; la vente de tous brevets français et étrangers et la concession de toutes licences y relatives; la construction et la vente de tous appareils ou objets nécessaires à l'exploitation desdits brevets et en général, la mise en œuvre de tous moyens ou procédés qui lui paraîtront les plus conformes à son but et les plus profitables aux intérêts sociaux;

Les opérations qui précèdent, soit seules, soit en participation; la formation de toutes sociétés particulières en France et à l'étranger, se rattachant par un côté quelconque à l'objet de la présente Société.

La Société pourra prendre un intérêt direct dans toute société, compagnie, syndicat, maison ou entreprise particulière en France et à l'étranger, dont le but serait conforme au sien ou utile à son développement et même traiter avec eux en vue d'une union ou d'une fusion industrielle ou commerciale.

La durée de la Société fixée à 50 années à compter du jour de sa constitution, 25 mars 1904, ne se trouve pas modifiée et se terminera par suite le 24 mars 1954.

Le siège de la Société est établi à Paris, rue des Cloys, n° 27. Il pourra être transféré en tout autre endroit à Paris, par décision du Conseil d'administration.

Le fonds social se compose de tous les biens et valeurs actuels de la Société, observation étant faite que M. Eugène Hermite et M. Charles-Friend Cooper ont apporté à la Société, conjointement et solidairement entre eux :

I. — 1° La propriété et le droit exclusif d'exploitation des inventions de MM. Hermite et Cooper, ou de l'un ou l'autre d'eux, relativement aux objets ci-après indiqués;

2° La toute propriété des brevets d'invention suivants, pris ou demandés par MM. Hermite et Cooper, savoir :

A. — Brevet de 15 années, à compter du 1er août 1900, délivré sous le n° 302 680, pour une pile thermo-électrique, ensemble le certificat d'addition à ce brevet (n° de dépôt 295 714);

B. — Brevet de 15 années, à compter du 1er octobre 1903, demandé (n° de dépôt 2976) pour procédé de fabrication des couples Thermo-Électriques.

3° La toute propriété des brevets pris ou demandés dans les pays suivants :

Belgique, Allemagne, Autriche, Hongrie, Russie, Norwège, Suède, Italie, Espagne, Portugal, Angleterre, États-Unis, Canada.

4° Le droit de profiter de tous perfectionnements, additions et améliorations qui pourraient être apportés aux dites inventions, soit par les inventeurs ou l'un ou l'autre d'eux, soit par la Société elle-même.

Ensemble la toute propriété de tous autres brevets pris ou à prendre en France, dans tous les pays sus-énoncés et dans tous les autres, relativement aux inventions dont il s'agit et à toutes autres s'y rattachant.

II. — Que M. Hermite en tant que de besoin avec l'assentiment de M. Cooper a apporté en outre :

1° Des ateliers de constructions mécaniques et bureaux installés à Paris, rue de Cloys, n° 27 et rue Marcadet, n° 152.

2° Le droit au bail pour le temps qui restait à courir, à compter du jour de la constitution de la Société et à la promesse de vente de :

A. — Une usine et dépendances, sises à Paris, rue des Cloys, n° 27.

B. — Divers outils et matériel appartenant au bailleur et dont la description est faite dans un état qui est resté annexé à la minute des statuts.

C. — Une usine et dépendances, sises à Paris, rue Marcadet, nos 152 et 154 et communiquant avec celle ci-dessus désignée, au moyen d'un passage sous l'atelier de MM. Larsonneau frères.

D. — Et droit de passage en commun avec M. Larsonneau, bailleur pour l'accès des maisons et dépendances.

3° Le matériel d'usine, le mobilier, le matériel du service technique, le matériel à dessin, le mobilier des bureaux, l'outillage du magasin, les matières premières et les moules pour plaques d'accumulateurs, tel que le tout est désigné dans l'inventaire commercial dressé par M. Hermite, à la date du 31 décembre 1903.

4° La somme de 112 fr versée à titre de caution à la Compagnie Parisienne du gaz.

5° La somme de 4000 fr versée à titre de loyers d'avance à M. Larsonneau.

6° Les installations des usines et des bureaux.

7° Les dessins, plans, devis et études relatifs à l'application industrielle des inventions faisant l'objet des brevets sus-désignés, ensemble le bénéfice de toutes dépenses faites à ce sujet.

8° Et en général, de tout ce qui composait l'ensemble des ateliers de constructions de M. Hermite, situés à Paris, rue des Cloys, n° 27, et rue Marcadet, n° 152.

Il a été attribué : à MM. Hermite et Cooper conjointement, en représentation de leurs apports, 400 actions ordinaires de 500 fr chacune entièrement libérées, à partager entre eux, d'après leurs droits respectifs; et à M. Hermite seul en représentation de ses apports spéciaux, 480 actions privilégiées de 500 fr chacune entièrement libérées.

Le fonds social est actuellement fixé à 580 000 fr représenté par 1160 actions de 500 fr. Ces actions comprennent deux catégories, savoir :

La première de 760 actions dites privilégiées, dont 280 ont été souscrites et payées en numéraire et 480 attribuées à M. Hermite.

La deuxième de 400 actions dites ordinaires attribuées en totalité à MM. Hermite et Cooper conjointement.

Le fonds social pourra être augmenté ou réduit en une ou plusieurs fois par décision de l'Assemblée générale, sur la proposition du Conseil d'administration.

Il est dès à présent décidé que, sans délibération préalable de l'Assemblée générale, le capital pourra être augmenté de 250 000 fr par la création de 500 actions privilégiées nouvelles de 500 fr payables en numéraire, qui seront assimilées aux 760 actions privilégiées actuelles à compter de leur création et qui ne pourront être souscrites que par les actionnaires existant au moment de l'émission.

La Société est administrée par un Conseil composé de trois membres au moins et de neuf au plus, pris parmi les actionnaires et nommés par l'Assemblée générale.

Chaque administrateur doit pendant toute la durée de son mandat être propriétaire de 50 actions privilégiées ou ordinaires.

Les Administrateurs sont nommés pour 6 ans; le premier Conseil restera en fonctions jusqu'à l'Assemblée générale ordinaire qui se réunira en 1910.

A partir de cette époque le Conseil se renouvellera à l'Assemblée générale annuelle, en alternant s'il y a lieu, à raison d'un nombre d'administrateurs déterminé, suivant le nombre des membres en fonctions, de façon que le renouvellement soit aussi régulier que possible et complet dans chaque période de 6 ans. Les membres sortants sont désignés par le sort pour les premières années; ils se renouvellent ensuite par ordre d'ancienneté.

Le Conseil d'administration est investi des pouvoirs les plus étendus pour l'administration de toutes les affaires de la Société.

Il est nommé chaque année, en Assemblée générale, un ou plusieurs commissaires, associés ou non, chargés de remplir la mission prescrite par la loi.

L'année sociale commence le 1er janvier et finit le 31 décembre.

Le Conseil d'administration dresse chaque semestre un état sommaire de la situation active et passive de la Société. Cet état est mis à la disposition des commissaires.

Il est en outre établi à la fin de chaque année sociale un inventaire contenant l'indication des valeurs mobilières et immobilières et en général de tout l'actif et le passif de la Société.

L'inventaire, le bilan et le compte de profits et pertes sont mis à la disposition des commissaires le quarantième jour au plus tard avant l'Assemblée générale à laquelle ils doivent être présentés.

Les produits nets, déduction faite de toutes les charges ainsi que des amortissements qui seront jugés convenables par le Conseil d'administration constituent les bénéfices.

Sur ces bénéfices nets annuels il est prélevé :

5 pour 100 pour la réserve légale.

Sur le surplus des bénéfices il est prélevé :

1° 10 pour 100 pour le Conseil d'administration.

2° Somme nécessaire pour fournir d'abord aux actions privilégiées, à titre de premier dividende 5 pour 100 non cumulatifs des sommes dont elles sont libérées et non amorties.

3° Somme nécessaire pour fournir aux actions ordinaires à titre de premier dividende, également 5 pour 100 non cumulatifs des sommes dont elles sont libérées et non amorties.

Ces deux dernières attributions seront prélevées par préférence à celle du Conseil d'administration qui, en cas d'insuffisance des bénéfices, n'aura droit qu'à l'excédent restant disponible.

Après ces prélèvements et sur le surplus :

10 pour 100 seront mis à la disposition du Conseil pour la rémunération complémentaire de la direction ou du personnel, ou pour tous autres objets que le Conseil sera seul juge d'aprécier.

Ensuite l'excédent sera appliqué en totalité à l'amortissement des actions privilégiées.

Après l'amortissement complet des actions privilégiées, cet excédent sera réparti :

1° 25 pour 100 aux actions privilégiées à titre de dividende.

2° 75 pour 100 aux actions ordinaires à titre d'amortissement.

Enfin, après l'amortissement intégral des actions ordinaires, l'excédent dont il vient d'être parlé sera réparti entre toutes les actions indistinctement.

L'amortissement des actions se fera par distribution égale entre toutes les actions de la même catégorie aux époques fixées par l'Assemblée générale sur la proposition du Conseil d'administration.

A l'expiration de la Société, ou en cas de dissolution anticipée, l'Assemblée générale, sur la proposition du Conseil d'administration, règle le mode de liquidation, et nomme le ou les liquidateurs, elle peut instituer un Comité du Conseil de liquidation; dont elle détermine le fonctionnement.

Sur l'actif provenant de la liquidation après l'extinction du passif il sera prélevé :

D'abord somme suffisante pour le remboursement du montant libéré et non amorti des actions privilégiées.

Ensuite somme suffisante pour le remboursement du montant libéré et non amorti des actions ordinaires.

Enfin le reliquat, s'il en existe, sera réparti :

1° 5 pour 100 à la direction ou au personnel ou pour tout autre objet suivant les affectations qui auraient été faites par le Conseil d'administration pendant la durée de ses fonctions ou à défaut par l'Assemblée générale des actionnaires.

2° 95 pour 100 à toutes les actions indistinctement.

Le Conseil d'administration est composé de : MM. le Comte Bernard de Pourtalès, rue de Lille, 84, à Paris; — René Gravereaux, avenue de Breteuil, 55, à Paris; — Jacques-Frédéric-Moreau, avenue de la Grande Armée, 22, à Paris; — Eugène-Hermite, rue des Cloys, 27, à Paris.

M. Henri de Seynes de Larlenque, rue Boissière, 145, à Paris, a été chargé de remplir les fonctions de commissaire des comptes pour l'exercice 1905.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

54791. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 319. 10 Avril 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Conférences de la Société française de physique. — La *Société française de physique* a pris l'initiative d'organiser pour les mois de mai et juin prochains une série de conférences avec expériences et projections sur *l'état actuel des industries électriques*.

La première conférence qui aura lieu, par exception, dans l'amphithéâtre de physique de la Faculté des sciences, le vendredi 28 avril à 9h 30m du matin, sera faite par M. P. Janet et a pour titre : *Sur les tendances et les recherches actuelles de l'électrotechnique*.

Les conférences suivantes auront lieu dans la grande salle de la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, 44, rue de Rennes, à 8h 30m du soir.

En voici le programme :

Mardi 2 *mai* 1905. — M. Chaumat, sous-directeur de l'École supérieure d'électricité. — Les progrès récents de l'électrochimie.

Lundi 8 *mai* 1905. — M. Picou, ingénieur des Arts et Manufactures. — Les principes généraux dans la construction des machines dynamos.

Mardi 16 *mai* 1905. — M. Hillairet, ingénieur des Arts et Manufactures. — Les moteurs électriques dans l'industrie.

Mardi 23 *mai* 1905. — M. Jumau, ingénieur-électricien. — État actuel de l'industrie des accumulateurs.

Mardi 30 *mai* 1905. — M. Boucherot, ingénieur-conseil. — Les principes généraux dans la construction des alternateurs.

Mardi 6 *juin* 1905. — M. Pierre Weiss, professeur à l'École polytechnique de Zurich. — L'éclairage électrique, progrès récents.

Mardi 13 *juin* 1905. — M. de la Touanne. — État actuel de la téléphonie.

La deuxième série de conférences aura lieu à des dates qui seront ultérieurement indiquées.

Protection des lignes à haute tension. — MM. Moscicki et Waeber, les constructeurs de Fribourg, ont, comme ils l'annoncent dans la *Schweizerische Elektrotechnische Zeitschrift*, employé leur condensateur comme appareil de protection pour les lignes aériennes à haute tension. Les essais ont été entrepris dans 10 stations du transport d'énergie Hauterive-Fribourg (Suisse) qui fonctionne à 8000 v; la fréquence du courant triphasé est de 50 périodes par seconde et la distance de transport de 50 km.

Les courants de haute fréquence induits dans la ligne par des décharges atmosphériques, sont canalisés à la terre au moyen de condensateurs de $\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{30}$ microfarad. Ces appareils se sont bien comportés, ils laissent passer une partie insignifiante du courant de régime à basse fréquence; s'ils sautent,

le verre fond et on a interruption complète de la liaison avec la terre.

Les inventeurs recommandent d'employer comme appareils de sécurité : 1° des bobines à réaction dans le cas de dérangements de nature électrostatique; 2° les condensateurs de faible capacité dont nous avons parlé pour parer à l'induction des décharges atmosphériques; 3° des condensateurs de plus grande capacité pour parer aux courants de fréquence, égale à quelques milliers de périodes par seconde, qui interviennent quand on interrompt brusquement une canalisation présentant de la self-induction et de la capacité; ces condensateurs doivent être installés aux points où, par suite de l'interruption du courant, de grandes quantités d'énergie entrent en oscillation.

Les condensateurs de faible capacité (compris sous le n° 2) peuvent, soit être placés en dérivation sur les résistances mises en série avec les parafoudres à cornes, ou bien mis en dérivation sur des bobines à réaction. La capacité de ces condensateurs dépend de la tension de régime et de la nature et de la quantité de l'énergie à transporter.

Chemin de fer électrique entre Cologne et Dusseldorf. — L'Allgemeine et la Société Siemens-Schuckert, les deux plus grandes compagnies électriques de l'Allemagne, ont demandé en commun la concession d'une ligne électrique à établir entre Cologne et Dusseldorf.

On sait que ces deux villes sont déjà reliées entre elles par la ligne Cologne–Berlin, et certains express peuvent effectuer le parcours en 39 minutes. La ligne électrique projetée serait, à l'exemple des lignes interurbaines américaines, la liaison entre les réseaux de tramways des deux villes. La durée du parcours du centre d'une ville à l'autre serait de 40 minutes environ (ce qui représente une vitesse de 80 km à l'heure), mais les voyageurs n'auraient pas à se rendre à une gare spéciale pour prendre le train et de plus le nombre de trains mis à leur disposition serait considérable; on parle de départs espacés de 10 en 10 minutes.

D'après le recensement de 1900, la population de Cologne était de 372 529 habitants, et depuis 1890 elle avait augmenté de 3,03 pour 100 par an ; la population de Dusseldorf comprenait 213 707 habitants et l'augmentation était de 4,31 pour 100 par an. Comme rien ne fait supposer un ralentissement de l'augmentation de la population, on peut compter qu'en 1910, date de l'achèvement du chemin de fer, la population totale desservie sera de 770 000 âmes environ. Les frais d'établissement de la ligne sont estimés à 26 millions de francs.

Le plus puissant moteur électrique du monde. — Ce moteur construit par l'Altis-Chalmers C°, de Cincinnati, a une puissance de 6000 kw et fonctionne comme moteur synchrone dans un groupe moteur-générateur établi à Shawinigan Falls par la *Shawinigan Water and Power C°*. D'après les spécifications, il doit développer une puissance de 5750 kw à 300 t : m et actionner un alternateur de même puissance, au rendement près. Le groupe de 12 000 kw constitué par les deux alternateurs triphasés fonctionne comme *transformateur de fréquence*, le moteur absorbant des courants triphasés à la fréquence 25 et l'alternateur produisant des courants alternatifs triphasés à la fréquence 60. On peut affirmer que ce groupe est le plus puissant construit et fonctionnant .. jusqu'à nouvel ordre.

Le chemin de fer triphasé de la Jungfrau. — Le percement du tunnel de l'Eiger est attendu pour fin mars. La station à 3161 m d'altitude sera aménagée provisoirement pour le 1er août, date à laquelle on espère ouvrir à la circulation cette nouvelle section.

En réalité, quand les dernières stations seront-elles atteintes? C'est ce que l'on ne saurait établir même approximativement. Les prévisions sont trompeuses en ces matières; on indiquait en 1898 comme date d'achèvement de la ligne 1905 (?) On devait donc percer en sept ans 12 km de tunnel; on en a percé en réalité moins de 4. Cependant il est aujourd'hui un point acquis : l'entreprise, à qui l'on prêtait volontiers l'intention de s'arrêter pendant un temps indéterminé à la station de la Mer de Glace, entend poursuivre dès l'année prochaine la seconde partie de son œuvre.

La question financière ne lui cause pas de sérieuses préoccupations. Elle se dit certaine du rendement de la ligne, lorsque celle-ci sera achevée, et les résultats obtenus semblent lui donner raison. A mesure qu'elle avançait dans les flancs de l'Eiger, elle a mis, en effet, successivement plusieurs sections de la ligne en exploitation, et elle a encaissé en 1903 une recette de 165 000 fr. Ce chiffre a été dépassé en 1904 et il s'augmentera dans des proportions notables dès l'ouverture de la section Eigerwand-Mer de Glace. On peut admettre, sans être taxé d'optimisme exagéré, que l'exploitation de la première partie de la ligne permettra, non seulement de servir l'intérêt hypothécaire de 200 000 fr (4 millions à 5 pour 100), mais qu'il restera un assez joli dividende pour les 2 millions d'actions.

Quant aux difficultés techniques, elles ne sont pas insurmontables. On a pu, en effet, constater que, malgré les prévisions de quelques-uns, les ouvriers n'éprouvaient aucun inconvénient à travailler aux altitudes atteintes jusqu'ici. Or, la différence d'altitude de la Mer de Glace au Jungfrauenjoch n'est que de 225 m sur près de 4 km.

Et abstraction faite de la question d'hygiène, la possibilité de poursuivre les travaux à une pente faible est de nature à encourager l'entreprise. La dernière section sera sans doute d'une exécution plus délicate. Mais lorsque la ligne aura franchi l'étape de la Mer de Glace au Jungfrauenjoch, elle aura établi à l'usage des touristes une voie de communication aussi pittoresque qu'originale entre l'Oberland bernois et le Haut-Valais.

On pourra même installer à partir de la dernière station pour ceux qui craindraient la marche sur les champs de neige et les glaciers, un service de luxe, qui amènerait le voyageur à moins de 10 km de Brigue, à l'entrée du Simplon.

Du jour où cette communication sera établie, le passage des Alpes bernoises par le Jungfrauenjoch et le glacier d'Aletsch fera partie du programme de tout voyage en Suisse.

Un nouveau combustible. — Le journal *La Machine de Genève*, annonce qu'il vient de se constituer à Berne, sous la dénomination d'usines Osmon, et au capital de 1 800 000 fr. une Société ayant pour but l'exploitation des tourbières et la fabrication d'un nouveau produit combustible préparé au moyen du courant électrique, d'après un brevet appartenant aux fabriques de Hochst-sur-Main.

Expériences de traction à courant alternatif simple sur le chemin de fer de la Valteline. — Comme on le sait, sur ce chemin de fer, la traction est actuellement assurée par du courant triphasé à 3000 v. L'administration, ainsi que l'annonce l'*Elektrotechnische und Polytechnische Rundschau*, a décidé de procéder à des essais de traction à courant alternatif simple avec des trains de 100 tonnes et une vitesse de 72 km : h. La voiture motrice est munie de 4 moteurs de 75 kilowatts couplés en série et fonctionnant sous 200 et 400 v. La transformation du courant triphasé en alternatif simple se fera sur la voiture elle-même au moyen d'un transformateur d'un nouveau système à refroidissement par l'air. Le freinage à l'air comprimé sera remplacé par le freinage électrique; la voiture pèse 45 tonnes en ordre de marche.

Une nouvelle station centrale en Suisse. — Les cantons de Schwitz et de Zurich viennent de passer un contrat relatif

à la création d'une station centrale importante devant desservir les deux cantons.

En barrant la rivière la Sihl, dans le canton de Schwitz, au moyen d'une digue de 26 m de hauteur et 100 m de largeur, on créerait un lac qui occuperait toute une vallée de 1,6 km² de superficie, avec une contenance de 96 500 000 m³.

La différence de niveau entre ce réservoir artificiel et le lac de Zurich dans lequel se déverseront les eaux, est de 480 m; on disposera ainsi d'une puissance continue de 20 000 poncelets ou d'une puissance de 45 000 poncelets pendant 11 heures.

Isolement des bobines d'induit des génératrices à haute tension. — Il arrive très souvent qu'après un fonctionnement irréprochable, l'isolement des bobines induites d'une génératrice à haute tension saute tout d'un coup, sans que l'on puisse se rendre compte exactement de la cause. M. Highfield a entrepris des recherches à ce sujet et les publie dans *The Electrician* du 27 janvier.

Il constata que, dans une machine triphasée à 10 000 v, les conducteurs induits étaient renfermés dans des tubes en micanite, ces tubes dépassaient un peu les faces de l'induit, afin d'empêcher la formation d'une étincelle entre le conducteur et le fer de l'induit; en outre, les surfaces frontales des conducteurs étaient isolées par du carton et enroulées de plusieurs couches de ruban imprégné. L'isolement était donc excellent; après l'accident, c'est-à-dire après la rupture de l'isolant, on constata que toute la couverture en toile du conducteur était corrodée, et que le cuivre était recouvert d'une couche verte; sur les têtes, l'enveloppe était également attaquée; elle était humide et donnait des réactions acides; un examen plus attentif montra que l'on avait un dépôt d'azotate de cuivre sur certaines spires, tandis que le ruban montra des traces d'acide azotique pur, et aux surfaces frontales on constata la présence d'acide sulfurique. La présence des acides ne pouvait être due qu'à des décharges statiques. C'est ce que du reste, il résulte des expériences, au moyen d'une bobine recouverte de papier à filtrer bien propre, placée dans un tube de micanite et soumise à une tension de 10 000 v; au bout d'une semaine, on constata dans le papier la présence d'acide azotique et d'azotate de cuivre. Ce phénomène se manifeste surtout avec les bobines qui n'ont pas été bien séchées avant leur emploi.

La houille blanche en Italie. — Le journal *La Houille blanche* de février donne les renseignements suivants sur les installations hydro-électriques exécutées et projetées en Italie.

Dans la région avoisinant Milan on a depuis quelque temps mis en service deux grandes stations centrales hydrauliques distribuant l'énergie électrique dans les environs.

A Turbigo, la Société lombarde pour la distribution de l'énergie électrique a mis en service une usine génératrice qui marche en parallèle avec celle de Vizzola. La centrale de Turbigo comporte 5 unités de 1125 poncelets chacune; elle dessert les régions de Gallarate, Varèse, Sazonno, Legnano.

A Zogno, dans la vallée de la Brembana, la Société anonyme Conti d'entreprises électriques a installé et mis en marche une station centrale disposant de quatre unités de 1500 poncelets et alimentant la ville et la région de Monza.

Les machines qui fonctionnent dans ces deux installations ont été construites dans des ateliers milanais. Les turbines sortent de la maison Monneret et Cie, les machines électriques, alternateurs, excitatrices, appareillage, des maisons Gadda et Cie et Brioschi, Finzi et Cie.

On est en train de terminer une troisième installation pour l'utilisation de l'Adda à Trezzo, comprenant six unités de 1050 poncelets desservant les régions de Monza et de Bergamesque.

Une quatrième installation est en cours d'exécution à Vigerano sur le Tessin. Cette station centrale, construite par les soins de la Société Conti, aura 5 groupes turbo-dynamos de 1125 poncelets chacun.

Ces installations ajoutées à celles de Vizzola et de Paderno fourniront à la seule région de Milan environ 45 000 poncelets.

Le bureau technique municipal de Turin, avec le concours de l'ingénieur Perini, a terminé le projet détaillé de l'installation hydro-électrique qui doit utiliser une dérivation de la Doire à Salbertrand et qui a été approuvée par le Conseil communal de Turin.

Le projet comprend : un canal d'amenée avec une pente constante de 2 m par km et une longueur de 8350 m dont 4120 creusés dans huit galeries dont la plus courte a 32,50 m et la plus longue située à Exilles a 1588 m : deux conduites forcées et la station génératrice située près de Gaglione.

Les dépenses sont estimées à 2 850 000 fr.

Dans la Vénétie, on poursuit activement les travaux d'achèvement d'une double installation hydro-électrique dite de la Cellina devant utiliser deux chûtes successives de 57,50 m avec un débit concédé de 12 m³ à la seconde, soit pour chaque usine une puissance moyenne de 5175 poncelets sur l'arbre des turbines.

Comme la consommation de l'énergie électrique n'était pas la même pendant les 24 heures d'une même journée, on a imaginé d'emmagasiner dans un vaste réservoir l'eau inutilisée pendant la nuit et de la faire travailler sur les turbines dans les moments de forte charge. On a estimé pouvoir ainsi emmagasiner 30 000 m³ permettant de dépenser un supplément de 4 m³ à la seconde pendant deux heures soit pour chaque station une puissance de 1725 poncelets.

Enfin la direction de la Société a pensé pouvoir obtenir dans la suite la concession d'un débit constant supérieur à 12 m³ : s et elle a prévu ses deux usines pour une puissance de 9750 poncelets à développer dans chacune d'elles au moyen d'unités de 1970 poncelets. En admettant une perte de 25 pour 100 pour le transport d'énergie et les diverses transformations entre Venise et Montereale, cette dernière station pourra fournir 7500 poncelets dans la capitale de la Vénétie.

On a créé un vaste réservoir en barrant la Cellina en un point où celle-ci coule dans une gorge très étroite et très escarpée; la largeur de la digue construite en terre et en éboulis est de 18 m à la base avec une épaisseur de 25 m; la hauteur de la retenue est de 18 m, le développement de la digue en couronnement est de 37 m.

Le canal de dérivation est muni de deux grandes chambres de décantation et d'une chambre de mise en charge. Il serpente à flanc de coteau au-dessus de la rivière, sa section minimum est de 9 m² et sa pente de 0,6 m par km; sa longueur totale est de 6429 m dont 1076 m en tunnel. De la chambre de mise en charge partent quatre grandes conduites en tôles d'acier de 1,50 m de diamètre alimentant 4 turbines de 1975 poncelets et 2 conduites de 0,70 m alimentant les turbines des excitatrices.

Le canal de fuite de la première usine située à Barcis servira en même temps de canal d'amenée à la seconde station de Montereale. On réalisera ainsi la disposition obtenue aux usines de Chedde et de Servos (Haute-Savoie) et aux usines de Rioupéroux sur la Romanche (Isère).

A Naples, on étudie le projet de dérivation des eaux du Volturno. Ce projet se compose de deux parties : la première comporte la création des ouvrages de prise d'eau; l'établissement d'un canal d'amenée et de trois conduites forcées en tôles d'acier capables de débiter 6,8 m³ par seconde; l'installation d'une usine hydro-électrique de 1800 poncelets. La dépense prévue est de 5 900 000 fr.

La seconde partie a trait à la ligne primaire du transport de l'énergie à Naples à la tension de 45 000 v. Une station réceptrice abaissera la tension au moyen de transformateurs. La dépense prévue est de 3 100 000 fr de telle sorte que la

dépense totale sera de 17 000 000 fr. Le poncelet rendu à Naples reviendra ainsi à 775 fr.

Brevet chinois. — Le gouvernement chinois vient de promulguer une loi relative aux brevets d'invention. Le premier brevet a été accordé à un habitant de Nankin, pour une lampe à incandescence désignée sous le nom de clair de lune.

D'après l'inventeur, cette nouvelle lampe offrirait des avantages considérables sur les lampes à incandescence actuellement connues.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Chaumont (Haute-Marne). — *Éclairage.* — Au cours d'une des dernières séances du Conseil municipal, on a traité la question de l'éclairage électrique de la ville pendante depuis déjà longtemps.

M. le Maire a exposé tout d'abord que la Ville, étant liée par un traité avec la Compagnie du gaz, ne peut installer l'éclairage électrique en dehors de cette Compagnie.

Puis, il donne lecture de plusieurs articles du traité qui lie la ville à la Société du gaz.

Par l'article 4, la Société concessionnaire devra établir, lorsque les conditions exigées seront remplies, une ou plusieurs usines électriques et la canalisation nécessaire pour distribuer l'énergie électrique de la chute du jour à minuit, dans les rues suivantes :

La route de Neufchâteau, depuis la rue Philippe-Lebon jusqu'à la rue suivante, rue de la Gare, rue Toupot-de-Béveaux, rue Dame-Alliote, rue Laloy, rue de Chamarandes, rue de Buxereuilles jusqu'à la Préfecture, rue de Brabant, rue Decrès, rue Voie-de-l'Eau, rue de Reclancourt, route de Paris à Bâle, de l'École normale à la gare, et boulevard Thiers, entre les deux ponts du chemin de fer.

La canalisation sera aérienne, mais la Société aura le droit, si elle le juge utile, de la rendre souterraine, après approbation de l'administration préfectorale. Le premier réseau devra être établi dans l'année, à partir du jour où les abonnements souscrits pour 5 ans, atteindront 400 lampes de 16 bougies ou leur équivalent.

La Société pourra étendre ses conducteurs en dehors de son réseau, et elle y sera obligée lorsque des abonnements de 5 ans au moins lui garantiront une consommation annuelle de 200 watts pour une durée annuelle de 800 heures et par décamètre de canalisation.

Si le nombre des lampes tombait au-dessous de 200 à 16 bougies, la Société serait en droit de cesser le service.

La Société sera tenue de fournir, de la chute du jour à minuit, l'énergie électrique dans toutes les rues traversées par des canalisations : 1° à la Ville; 2° à tout abonné pour une période de 5 ans au moins.

Le prix de l'énergie sera de 10 centimes l'hectowatt-heure.

Le paiement total annuel ne pourra être inférieur, pour chaque lampe installée chez l'abonné, à :

30 fr par lampe de 10 bougies;

45 fr par lampe de 16 bougies, et en proportion pour les autres types de lampes : 200 fr par lampe à arc de 8 ampères, etc.

Les lampes à arc ne pourront être prises que par paires. Le remplacement des lampes et crayons sera à la charge de l'abonné.

La Société fournira les compteurs en location, aux prix des secteurs de Paris.

En cas d'accident ou d'interruption, une réduction sera faite sur la quittance mensuelle.

La Ville aura le droit de faire établir par la Société, et à ses frais, les 6 premières lampes à arc de 8 ampères, dans les endroits désignés; elles seront entretenues aux frais de la Ville.

Une indemnité sera due par la Société, en cas de non-fonctionnement, s'il est prouvé qu'il résulte de la faute de cette dernière.

Le gaz devra alors suppléer à l'électricité.

Les frais d'installation du branchement seront supportés par l'abonné, à partir de la canalisation principale, jusqu'au compteur.

Si, pendant les 5 ans formant la durée du traité, une découverte amenait une diminution du prix de revient de l'énergie électrique de plus de 30 pour 100, la Ville aurait le droit d'obliger la Société à la faire profiter, ainsi que les concessionnaires, de cette diminution.

M. le Maire dit qu'il s'est mis en rapport avec M. Sabatier, administrateur de la Société des Usines à gaz du Nord-Est, tout disposé à seconder la ville de Chaumont, en vue de l'éclairage électrique.

Le nombre des lampes électriques demandé par les concessionnaires s'élève déjà à un mille.

Gattières (Alpes-Maritimes). — *Éclairage.* — Un projet d'éclairage électrique vient d'être présenté par le Maire, qui indique deux solutions : acheter l'énergie électrique et la vendre aux habitants, ou créer une usine communale et favoriser en même temps les communes environnantes, La Gaude, Le Broc, Carros, qui auraient leur éclairage public gratuit et tout intérêt à être desservies par Gattières.

L'usine créée à Gattières, au pont de la Manda, coûterait environ 50 000 fr, elle pourrait fournir l'énergie électrique nécessaire aux communes précitées. Les moyens de réalisation feront l'objet d'un examen par MM. les maires des diverses communes dès que la question de principe sera résolue.

ÉTRANGER

Vienne (Autriche). — *Traction électrique.* — Il résulte d'une récente statistique que le réseau de tramways électriques a atteint la longueur totale de 170,5 km en exploitation, ou 355,7 km de rails. Sur ce total, 155,8 km sont équipés avec prise de courant aérienne et 15 km, avec prise de courant souterraine. Le matériel roulant se compose de 945 voitures motrices et 725 remorques. Le personnel comprend au total 6128 personnes, parmi lesquelles 279 employés. Dans le second semestre de 1903, il y a eu 22 997 605 voitures-kilomètres, soit 25 pour 100 de plus que pendant la même période de 1902; le nombre de personnes transportées a atteint le chiffre de 80 519 879 personnes (12 pour 100 de plus que l'année précédente). Comme l'extension du réseau n'est que de 7 pour 100 environ, on voit que la densité du trafic a fortement augmenté. La consommation d'énergie pendant toute la durée d'exploitation a atteint 12 529 906 kilowatts-heure. Cette consommation de courant est considérable et est due aux nombreuses rampes que présente le réseau, aux rapides freinages et aux faibles intervalles entre les stations d'arrêt.

La statistique des accidents est encore malheureusement assez élevée, quoiqu'elle présente un chiffre plus faible que celle de l'année précédente. Il y a eu 16 accidents mortels, 84 accidents graves et 818 accidents sans gravité, dus surtout à l'imprudence des voyageurs qui montaient ou descendaient pendant la marche. Dans 9 cas sur 17, les dispositifs de protection ont eu une incontestable utilité; on poursuit, à l'heure actuelle, des expériences sur de nouveaux dispositifs plus perfectionnés.

SUR LA PRODUCTION

DES

HAUTES TENSIONS CONTINUES

Si, grâce à l'emploi des transformateurs et des bobines d'induction contrôlées par des interrupteurs rapides (Wehnelt ou Caldwell), la production des très hautes tensions alternatives ou intermittentes est un problème aujourd'hui résolu, il n'en est pas de même en ce qui concerne les hautes tensions *constantes* et la réalisation de courants *continus* traversant de grandes résistances avec une intensité constante ou sensiblement telle.

Le problème s'est posé à l'esprit de Sir Oliver Lodge dès 1884, et c'est seulement à une date récente qu'il est parvenu à lui donner une solution pratique dont il a fait connaître les principes dans une conférence des plus intéressantes faite par le savant anglais devant la *Royal Institution* de Londres.

Ces courants, caractérisés par une tension extrêmement élevée et une intensité relativement faible, sont utilisés avec avantage dans la production des rayons X, dans la précipitation des poussières, des fumées et des brouillards par un procédé dont Sir Oliver Lodge s'est fait le champion, et il n'est pas douteux que les applications se multiplieront du jour où il sera possible de les produire facilement, simplement et économiquement.

Jusqu'ici, on ne disposait pour produire des courants continus caractérisés par une très haute tension, et auxquels Sir Oliver Lodge a donné, on ne sait trop pourquoi, le nom singulier de « PERTINACIOUS CURRENT » [1], que des machines d'induction électrostatiques, des batteries d'accumulateurs et des dynamos à courant continu à haute tension. Les machines électrostatiques ne mettent en jeu qu'une puissance insignifiante; les batteries de piles ou d'accumulateurs couplées en tension sont coûteuses, encombrantes et exigent un entretien onéreux ; les dynamos à courant continu ne donnent, dans les conditions les plus avantageuses, que des tensions relativement peu élevées (25000 v est le record réalisé par M. René Thury il y a trois ans avec sa dynamo à commutation par condensateurs et 75000 v en couplant 3 dynamos en tension).

Le meilleur moyen de résoudre le problème consiste à maintenir en charge une batterie de bouteilles de Leyde à l'aide d'un courant intermittent ou pulsatoire toujours de même direction, et à prendre le courant continu que l'on veut utiliser sur la batterie de condensateurs maintenue en charge par cet artifice. En dernière analyse, il suffit de relier la batterie de condensateurs au circuit secondaire de haute tension d'une bobine d'induction en intercalant dans le circuit un *clapet* ou une *soupape* qui, ne laissant arriver le courant que dans un sens, permet le remplissage de la batterie.

On sait déjà que les tubes à vide avec des cathodes solides et des anodes spéciales, ainsi que les tubes à vapeur de mercure agissent dans un sens obstructif pour les hautes tensions qui leur sont appliquées dans un sens déterminé, mais les premiers *durcissent* par l'usage, tandis que les tubes de Cooper-Hewitt ne supportent que des tensions relativement basses. C'est en modifiant le tube de Cooper-Hewitt et en faisant usage d'un interrupteur rapide du système Caldwell dans le circuit primaire de la bobine d'induction que Sir Oliver Lodge est parvenu à maintenir en charge une batterie de bouteilles de Leyde et à en tirer un courant continu et constant à travers une résistance suffisamment grande pour ne pas vider le condensateur entre deux charges successives.

Le redresseur de Sir Oliver Lodge est constitué par un tube à vide disposé verticalement, muni à sa partie supérieure d'une ampoule dans laquelle est une anode (+) en fer; à la partie inférieure est une cathode (—) en mercure. Pour que le tube ait une action redressante efficace, il faut recouvrir la partie extérieure du tube entourant immédiatement la cathode (—) d'une enveloppe métallique en connexion électrique avec le pôle positif (+). Ces tubes peuvent supporter des courants de plusieurs ampères, et la tension n'est limitée que par le nombre de tubes que l'on peut coupler en série : elle atteint plusieurs centaines de kilovolts.

Quant au fonctionnement du redresseur lui-même, voici comment Sir Oliver Lodge en établit la théorie :

« Sir William Crookes a montré que dans les vides très poussés, la cathode (pôle —) est entourée d'un espace obscur auquel se limite la lueur bleue provenant de l'anode (pôle +). Plus le vide est parfait, plus l'espace noir est important, et, à la limite, le tube entier finit par devenir noir.

« On sait, d'autre part, que la cathode émet un grand nombre de corpuscules animés d'une énorme vitesse qui chassent tout ce que renfermait la partie obscure du tube. Les particules positives amenant le courant de l'anode sont arrêtées par la fusillade et ne peuvent déposer leur charge sur la cathode que par une voie indirecte. Avec un tube long et étroit, aucune particule positive ne résisterait au bombardement, mais en établissant un chemin hors de la direction du tir de la cathode, les particules anodiques suivront ce chemin. Le bombardement cathodique n'est pas dirigé contre l'anode : il s'exerce en ligne droite et indépendamment de la position de l'anode, de telle façon qu'en plaçant cette anode sur la paroi d'un ballon sphérique dans une direction perpendiculaire à celle de la cathode, le bombardement cathodique ne produira sensiblement aucun effet sur les projectiles anodiques.

« L'effet des rayons cathodiques chassant les projectiles anodiques explique la différence de conductivité observée lorsqu'on renverse le sens du courant dans le tube.

[1] Le mot *pertinacious* signifie, en anglais : entêté, obstiné. Avec toute la meilleure volonté du monde, il nous est impossible de saisir le rapport qui peut exister entre la notion d'obstination et celle de tension très élevée. Qui résoudra ce *puzzle* d'un nouveau genre? É. H.

« Si l'on constitue un écran à l'anode disposée dans une ampoule sphérique en la plaçant à l'intérieur du pavillon d'un cornet étroit, et que la cathode soit formée d'un fil tendu à travers l'ampoule et passant à angle droit sur le côté de l'écran, les ions positifs atteindront la cathode sans grande difficulté. Si l'on inverse les connexions, les rayons émanant de la cathode sortiront du cornet avec une telle violence qu'ils ne permettront à aucun ion anodique d'atteindre la cathode.

« Un tube à vide ainsi disposé agira donc comme un véritable *clapet* empêchant le renversement du courant entre deux pulsations de même sens, mais il se présente ici une difficulté pratique. Les ions positifs se raréfient rapidement et finissent par disparaître, soit que le bombardement des rayons cathodiques les ait détruits, soit qu'ils se soient échappés de l'ampoule, soit pour toute autre cause.

« En tout cas, leur absence augmente le vide, durcit le tube, et, comme il n'y a bientôt plus rien dans le tube pour transporter les charges positives de l'anode sur la cathode, le courant cesse de passer.

« Si cependant le tube, au lieu de contenir un gaz parfait très raréfié, était rempli d'une vapeur dont la pression pourrait être maintenue par la vaporisation d'un liquide renfermé dans ce tube, la destruction des ions serait sans importance, car ils seraient aussitôt remplacés.

« La vapeur employée est la vapeur de mercure, provenant d'une cathode disposée dans le tube à la partie inférieure et d'une anode en fer placée à la partie supérieure, le tube étant disposé verticalement, comme dans les premiers modèles de lampes de Cooper-Hewitt.

« Mais, comme on l'a dit précédemment, les ions positifs ne peuvent, dans les conditions normales, traverser facilement un tube semblable en présence du bombardement cathodique, de sorte qu'il faut employer un artifice pour détourner ce bombardement. Cet artifice consiste à envelopper de papier d'étain la partie inférieure du tube jusqu'au-dessus du niveau du mercure et à relier par un fil l'armature conductrice ainsi constituée à l'anode. Le mercure et le papier d'étain forment ainsi les deux armatures d'un condensateur dont le verre du tube est le diélectrique; les rayons cathodiques sont ainsi attirés vers les parois du tube et laissent un passage libre aux ions positifs à travers le centre. Si le courant avait tendance à s'inverser pendant deux impulsions de même signe, l'anode en fer deviendrait la cathode et son bombardement n'étant pas dévié, s'opposerait alors au renversement du courant. »

(Après l'exposé de cette théorie, Sir Oliver Lodge a fait quelques réserves sur la façon dont le bombardement et la fusillade des ions serait acceptée par les savants constituant l'auditoire. Nous reproduisons impartialement cet exposé et signalons les réserves de l'auteur.)

Après ces explications, Sir Oliver Lodge a montré quelques-uns des effets produits par ce courant spécial. Après avoir fait fonctionner des tubes de Röntgen, il a formé un brouillard artificiel dans un globe et l'a dissipé aussitôt par des décharges statiques empruntées aux bouteilles de Leyde. Il a fait passer le courant à travers un espace d'air, ce qui a produit une série de décharges très bruyantes et très brillantes, et rempli l'atmosphère de l'amphithéâtre d'une odeur d'ozone très caractéristique.

En substituant à l'intervalle d'air une corde mouillée, la décharge bruyante et discontinue est devenue silencieuse et continue. La corde est devenue brillante comme un gros filament et s'est rompue par combustion.

Les courants continus de faible intensité et de très haute tension possèdent, on le sait, des qualités intéressantes et donneront lieu, dans l'avenir, on peut l'espérer, à des applications jusqu'ici insoupçonnées; mais, pendant qu'il en est temps encore, nous adjurons Sir Oliver Lodge de donner à ces courants un nom mieux approprié que « *Pertinacious current* », nom qui ne rappelle en rien les phénomènes qu'il est appelé à désigner.

Faut-il ouvrir un concours? É. HOSPITALIER.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DES TRAINS DE CHEMINS DE FER

SYSTÈME LEITNER-LUCAS

Ce système a une grande analogie avec le Loppé-Creil que nous avons ici même décrit il y a quelques mois [1]. Il tend à réaliser, suivant le desideratum actuel, favorisé par la routine, l'éclairage indépendant de chaque voiture ou groupe de voitures au moyen d'une véritable station centrale en miniature logée sous la voiture et fonctionnant automatiquement sans surveillance, en dépit des secousses, trépidations, poussières et intempéries auxquelles elle est exposée, sans parler du service exceptionnellement rude qui lui est demandé, savoir : grandes variations de charge, irrégularité de la demande, fonctionnement dans un sens et dans l'autre, à vitesse très variable, ou même dans l'immobilité complète. S'il faut en croire les renseignements fournis par les inventeurs, l'absolue automaticité et la sécurité absolue de fonctionnement de leur appareil, en dehors de toute surveillance étrangère, seraient démontrées d'une façon péremptoire par une épreuve dans laquelle, sur certaines lignes anglaises, la fenêtre donnant accès au collecteur et le réservoir d'huile de la dynamo qui en est le principal organe auraient été, aussi bien que la caisse renfermant les accumulateurs complémentaires, scellés pendant trois mois consécutifs de marche.

Comme son congénère ci-dessus mentionné, ce système comporte une dynamo à vitesse variable, un conjoncteur-disjoncteur automatique et une batterie d'accumulateurs.

[1] Voy *L'Industrie électrique*, 1904, p. 277.

Les tensions de fonctionnement prévues varient de 16 à 48 volts ; celle adoptée en Angleterre est de 24 à 25 volts.

La *dynamo* est ordinairement suspendue au châssis de la voiture à éclairer et actionnée par un des essieux auquel elle est reliée soit directement, soit par un mode d'entraînement quelconque.

Le *conjoncteur-disjoncteur automatique*, logé en un point convenable quelconque de la voiture, met la dynamo en circuit ou l'en retire suivant les besoins de charge des accumulateurs ou aux arrêts.

La *batterie*, renfermée dans une bâche placée sous la caisse de la voiture, comporte 12 éléments, pour 24 à 25 volts.

Ce système est exploité par la Société « Accumulator Industries, Limited », de Woking (Angleterre), dont l'un des inventeurs, M. Leitner, est le directeur, et qui construit les accumulateurs qu'il met en œuvre.

Comme dans le procédé Loppé, le principe d'établissement de la dynamo est son aptitude à donner, en conjonction avec la batterie d'accumulateurs, une différence de potentiel constante dans les limites les plus étendues de variation de la vitesse de rotation. On a, sur ces bases, construit des machines réalisant cette condition sur une plage de 400 à 3000 tours par minute ; et, si l'on n'avait pas à compter avec les difficultés mécaniques inhérentes aux grandes vitesses de rotation, il n'y aurait pas de raison pour que cette plage ne s'étendît pas jusqu'à un rapport de 1 à 15. Dans la pratique les dynamos, dont la vitesse angulaire normale dépasse rarement 1200 à 1500 tours par minute, sont généralement disposées de manière à s'exciter et entrer en action à 500 tours environ par minute.

La dynamo Leitner-Lucas est absolument auto-régulatrice par ses propres enroulements. La figure 1 donne le schéma élémentaire du montage. — G et D y représentent

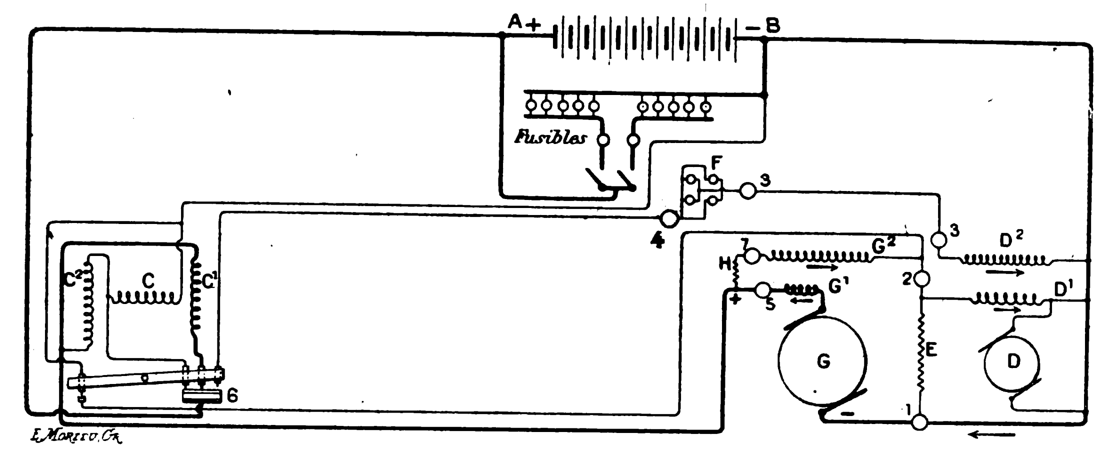


Fig. 1. — Diagramme des connexions dans le système Leitner-Lucas pour l'éclairage des trains.

A, batterie d'accumulateurs, pôle +. — B, batterie d'accumulateurs, pôle —. C, armature de conjoncteur-disjoncteur automatique. — C^1, bobines en série dudit. — C^2, bobines en fil fin dudit. Ces bobines sont mises en court circuit par les bobines en série quand la génératrice est en circuit, c'est-à-dire quand elle charge la batterie. — D, induit « démagnétiseur » monté sur le même arbre (essieu) que G. Ce démagnétiseur tend à faire tourner la génératrice dans le sens de son entraînement mécanique. — D^1, inducteur en série du démagnétiseur. — D^2, inducteur en dérivation du démagnétiseur. — E, résistance de lampe en fil de fer fin pour réaction sur le circuit inducteur de la génératrice, en raison de son coefficient + de température. — F, résistance de lampe en charbon agissant comme la précédente, mais en raison de son coefficient — de température ; en série avec D^2. — G, armature de génératrice. — G^1, inducteur en série de G, enroulé en sens contraire de G^2. — G^2, inducteur en dérivation. — Les flèches indiquent le sens des courants. — H, fusible intercalé dans le circuit inducteur en dérivation.

deux induits montés sur le même arbre, G étant l'armature principale ou génératrice, et D un induit auxiliaire et de puissance très réduite, appelé « dévolteur » par opposition à « survolteur », ou mieux « démagnétiseur ». G^2 est l'inducteur en dérivation, de résistance relativement faible, de l'armature G, et G^1 est un enroulement de compoundage inverse ou négatif, en série. Quand G débite, G^1 et G^2 agissent dès lors différentiellement. En (2) le courant de G^2 se bifurque sur D^1 et sur E, la portion D^1 se continuant par D et formant l'enroulement inducteur de compoundage, en série, de D dont D^2 est l'enroulement inducteur en dérivation, tandis que la seconde portion de G^2 s'écoule en E, résistance ayant un coefficient positif de température, tel que du fil de fer comme pour les résistances de lampes Nernst.

Quel que soit le sens de rotation mécaniquement donné à l'arbre commun des armatures G et D (un inverseur effectue, naturellement, les changements voulus de contact), le courant engendré par G tend à entraîner D *dans le même sens* qu'un moteur à grande vitesse. Si l'essieu tourne lentement, la f. c. é. m. de D est faible, la f. é. m. à travers (2) et (1) est peu élevée et l'effet « réactif » de E peu important. Par suite, les deux voies offertes au courant venant de G^2 lui restent encore pratiquement ouvertes ; mais, au fur et à mesure que la vitesse du moteur (essieu) augmente, la f. c. é. m. de D et la f. é. m. entre (2) et (1) croissent et il passe alors de moins en moins de courant dans G. A vitesse toujours croissante, la f. c. é. m. de D fait équilibre à G^2. L'effet « réactif » de E est alors considérable, et, à une vitesse encore plus élevée, c'est-à-dire à de très grandes allures rarement atteintes dans la pratique, D agit en génératrice à compoundage renversé, envoyant en E un courant peu intense qui augmente encore la réaction due à E et affaiblit le

courant en G^2. On voit ainsi que, la vitesse augmentant, le champ de la génératrice dû à G^2 diminue et le débit de G reste pratiquement constant.

L'enroulement de compoundage inverse G^1 agit aussi dans un sens régulateur en prévenant la production d'un courant excessif. On remarquera d'ailleurs qu'une décharge de la batterie dans la dynamo, si elle pouvait durer plus de quelques instants, loin d'inverser la polarité des inducteurs, ne ferait que la maintenir correcte, G^1 agissant alors en concordance avec G^2 et la machine devenant ainsi moteur compound.

Le courant inducteur en dérivation D^2 de l'induit « démagnétiseur » D passe par les résistances en parallèle F formées de 2 à 4 lampes à incandescence ordinaires. Ces dernières ont pour objet d'agir sur l'inducteur D^2 en vertu de leur coefficient de température négatif qui fait que tout accroissement de tension dans le circuit principal augmente plus que proportionnellement le champ dû à D^2 et élève, par suite, l'action réactive de D.

Il va de soi que, en agissant sur E et sur F, on peut régler à volonté le débit de la dynamo dans les limites d'intensité que peut, en toute sécurité, supporter l'armature G. Plus est faible la résistance E, plus est grand le débit de la machine ; et, plus est réduite la résistance F, moindre est ce débit.

Ces derniers avantages ou raffinements ne sauraient cependant être réalisés dans la simplification du système représentée par la figure 2.

Dans cette variante, le courant de l'enroulement induc-

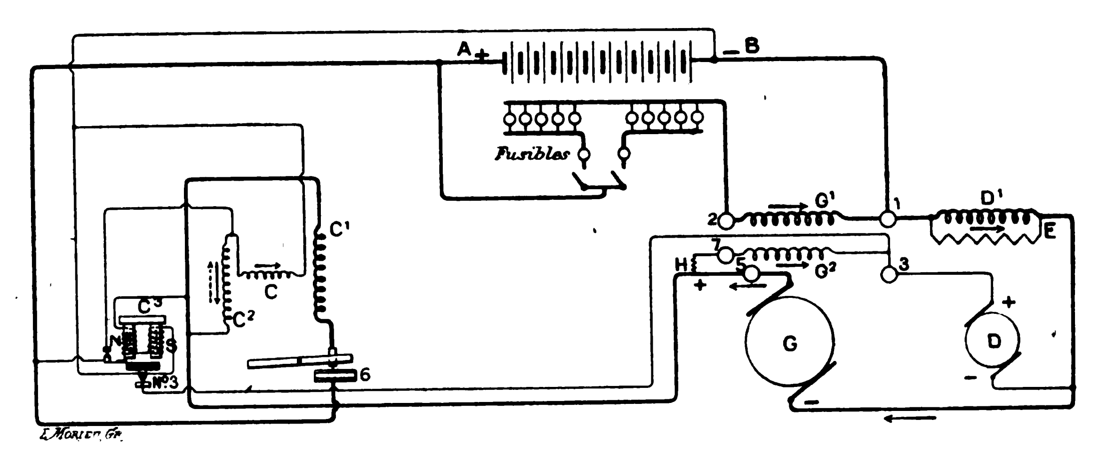


Fig. 2. — Autre diagramme de connexions dans le système Leitner-Lucas d'éclairage des trains.

A, batterie d'accumulateurs, pôle +. — B, batterie d'accumulateurs, pôle —. C, armature de conjoncteur-disjoncteur automatique. — C^1, bobines en série dudit. — C^2, fil fin dudit. — C^3, relais de connexion de l'interrupteur. — D, induit « démagnétiseur » monté sur le même arbre que G. Il tend à faire tourner la génératrice dans le sens de son entraînement mécanique. — E, dérivation en fil de fer destiné à faire varier le débit de la machine. — G, armature de génératrice. — G^1, fil en série traversé par le courant d'alimentation des lampes. — G^2, inducteur en dérivation de la génératrice. — H, fusible intercalé dans ce circuit dérivé. — →, sens du courant avant couplage. — ←, sens du courant au moment du couplage.

teur en dérivation G^2 de l'armature génératrice principale G passe directement par l'induit « démagnétiseur » D. Il n'a pas d'autre voie. De son côté, le courant principal issu de G ne traverse pas un enroulement de compoundage inverse ; il va directement à la batterie d'accumulateurs A-B, en sort et se partage entre D^1 et E pour revenir à D et G. D^1 constitue l'enroulement inducteur de l'armature démagnétisante D qui, dans sa rotation, réagit sur G^2 par f. c. é. m. de façon très analogue au mode d'action précédemment décrit. E est un gros fil de fer. Tout accroissement de courant en G augmente la saturation magnétique (faible) de l'inducteur dont D^1 constitue l'enroulement, et l'augmentation en G est ainsi immédiatement contrebalancée par D. E ayant un coefficient de température positif dérive par D^1 un courant plus ou moins intense et contribue puissamment au résultat cherché. En donnant à E une plus ou moins grande résistance, on peut régler à volonté le débit de la machine sans nuire à ses qualités d'auto-régulation ni à son champ d'action au point de vue des vitesses. L'enroulement en série G^1, qui précédemment était un enroulement de compoundage inverse, est ici en série avec le circuit de lampes, de telle sorte que, si le magnétisme résiduel des inducteurs a disparu ou s'est inversé, le fait seul de mettre les lampes en circuit leur donne une excitation initiale avec la polarité voulue.

En ce qui concerne les balais et le renversement de marche, on a reconnu pratiquement que, même avec les meilleurs frotteurs en charbon, le calage fixe sur la ligne neutre ne donnait pas de bons résultats. Les frotteurs sont, en conséquence, montés sur un porte-balais qui se déplace automatiquement de l'angle voulu suivant le sens de rotation. Cette disposition permet de régler à volonté le calage dans un sens ou dans l'autre.

Conjoncteur-disjoncteur automatique. — Le schéma de la figure 1 le représente sous une forme simple et facile à comprendre. Dans sa position de circuit ouvert, il y a court circuit entre (2) et (1) où se trouve E, de sorte que, dès le démarrage de la dynamo, la courte voie offerte au courant de G^2 détermine une prompte auto-excitation. Dès que la machine a atteint la tension voulue qui doit

être supérieure à celle de la batterie, la petite armature C en forme de navette, portant un levier, tourne de quelques degrés et, en établissant les contacts en (6), rompt le court circuit entre (2) et (1).

A certaines tensions et à certaines basses vitesses d'un train il peut se présenter une période critique dans laquelle le coupleur automatique coupe, et, par suite de l'élévation immédiate de la tension de la dynamo due au court circuit (2)-(1), ferme ensuite le circuit, pour le rompre encore après. Bien que ce va-et-vient n'ait aucun inconvénient, il y est remédié sur le montage de la figure 2 où est interposé le relais C qui n'établit le court circuit en question que dans *sa propre position* de « rupture » (N° 3). L'action du conjoncteur-disjoncteur automatique dépend du sens du courant dans l'enroulement de fil fin en série C^2 et, par suite, de l'enroulement de gros fil en série C^1, suivant que le contact (6) à la batterie est établi ou rompu. C^1 et C^2 sont des enroulements qui déterminent la polarité d'un petit champ dans lequel se meut l'armature de C. Si le courant va par C^1 à la batterie, C établit le contact (6) par l'entremise de C^1 qui maintient la polarité correcte du champ. Dès que le courant vient, au contraire, de la batterie, le champ est inversé par C^1, mais C conserve la même polarité et fait, par suite, tourner, en l'éloignant de (6), le levier de contact auquel il est fixé. L'action de C^2 se substitue alors à celle de C^1 avec ce résultat que le levier de contact est forcément maintenu *coupé* jusqu'à ce que le relais C^3 retombe sur le n° 3, comme le montre le schéma. Alors, bien que le levier de contact ne soit plus « forcément maintenu coupé » par le courant, il reste dans la position de « rupture » jusqu'à ce que C^2, C^1 et C soient de nouveau mis en action.

Accumulateurs. — Une batterie d'accumulateurs, mais une seule, s'impose pour deux raisons : d'abord pour fournir l'éclairage quand le train est arrêté ou marche très lentement, ou que, pour une cause quelconque, la dynamo ne donne rien; puis pour fournir une charge constante à cette machine qui n'est pas étudiée comme machine *à circuit ouvert* pour tension constante.

Le travail très dur demandé dans cette application oblige à une construction particulièrement soignée des éléments. Les bacs, robustes, sont munis d'un couvercle à joint de caoutchouc. La quantité d'électrolyte est calculée en vue d'éviter un trop fréquent remplissage. Des dispositions particulières permettent également d'en contrôler à chaque instant le niveau et la densité.

Régulateur. — *Bien qu'il ne fasse pas partie intégrante ni essentielle du système*, cet appareil en est un utile complément. Il a pour objet d'empêcher les élévations et chutes de tension de la batterie en charge ou en décharge, de manière à maintenir constante la différence de potentiel aux bornes des lampes, quel qu'en soit le nombre en

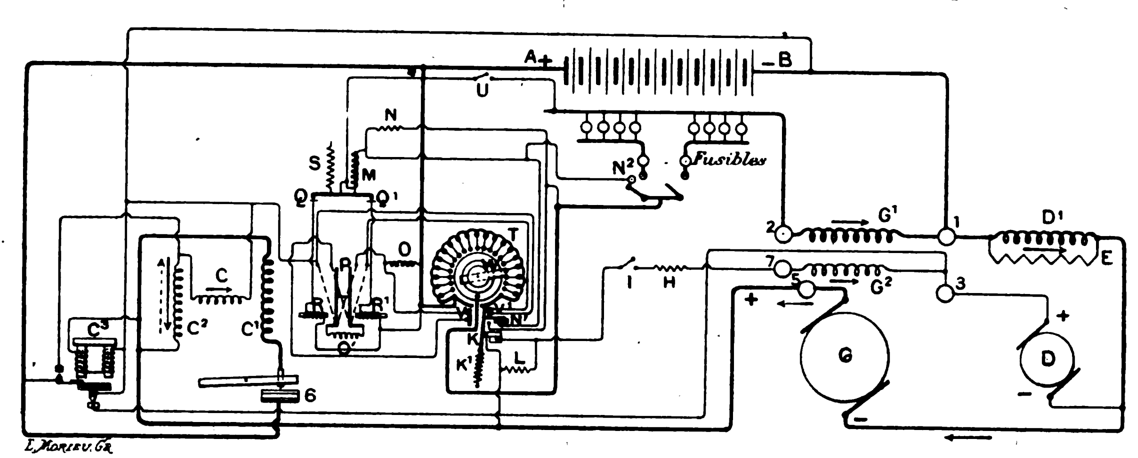


Fig. 3. — Schéma des connexions avec régulateur.

Les précédentes lettres de référence subsistant. — I, interrupteur à main dans le shunt de la génératrice. — K, conjoncteur-disjoncteur dans le shunt pour couplage et découplage de la batterie selon son état de charge ou de décharge. — K^1, ressort dudit. — L, résistance automatique mise en série avec le shunt principal quand K a coupé le circuit. — M, balance de tension ou voltmètre à contact. — N, résistance en série avec cette dernière et court-fermée quand le circuit shunt est coupé ou quand les lampes sont allumées. — N^1, interrupteur mettant automatiquement en court circuit la résistance quand le shunt est coupé. — N^2, connexion sur l'interrupteur principal pour mettre N en court circuit quand les lampes sont allumées. — O, armature de moteur en série actionnant le régulateur. — O^1, inducteur en série dudit. — P, inverseur automatiquement actionné par les relais. — Q, Q^1, contacts de la balance de tension commandant les relais. — R, R^1, relais commandant l'inverseur du moteur O. — S, ressort de la balance de tension. — T, résistance automatiquement insérée dans le circuit des lampes ou retirée à la moindre variation de tension. — U, interrupteur de la balance de tension. — V, V^1, interrupteurs coupant automatiquement le circuit du moteur O quand la manette W est à fin de course dans un sens ou dans l'autre. — W, manette du régulateur.

circuit. Il coupe en outre automatiquement la dynamo des accumulateurs quand ceux-ci sont complètement chargés. On réalise ainsi, grâce à lui, indépendamment d'un meilleur et plus uniforme éclairage, une économie appréciable dans le renouvellement des lampes, ainsi que dans les frais d'entretien de la dynamo et surtout des accumulateurs.

Ce régulateur est schématiquement représenté sur la figure 3. M est un solénoïde agissant comme un voltmètre à contact pour mettre en œuvre l'un ou l'autre des relais R et R^1 par l'entremise des contacts Q et Q^1. Ces relais actionnent, à leur tour, un moteur en miniature dont O^1 est l'enroulement inducteur en série et O l'armature, et qui commande un curseur de rhéostat T en série sur les

lampes. A l'une des extrémités de la course de T, l'inducteur en dérivation G' de l'armature G est complètement mis hors circuit ou sa résistance est considérablement augmentée, de sorte que le conjoncteur-disjoncteur C coupe le circuit entre la dynamo et la batterie. Le voltmètre à contact, dit aussi « Balance de tension », agit, par addition ou suppression de la résistance N en série avec lui, pour régler la tension selon que les lampes sont ou non en circuit ou que la dynamo charge ou non les accumulateurs.

Il va de soi que le régulateur peut également servir à modifier le régime de charge de la dynamo, suivant la tension de la batterie, en agissant sur E qui représente des résistances en fils de fer plus ou moins nombreux.

Si ingénieux que soit ce système, dérivé de celui de M. Loppé, il ne paraît pas briller par sa simplicité, principal mérite des éclairages actuels des trains. Nous l'attendons à l'œuvre dans des conditions industrielles d'application suivie. E. BOISTEL.

FRÉQUENCEMÈTRE DE FRAHM

EMPLOYÉ COMME TACHYMÈTRE

M. Lux a fait à la Société électrotechnique de Karlsruhe une conférence sur le mesureur de fréquence de Frahm; nous extrayons de cette conférence, publiée dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 16 mars, les renseignements suivants.

L'appareil de Frahm est basé sur le principe de la résonance, c'est-à-dire sur la propriété qu'ont les corps élastiques d'entrer en vibration quand ils reçoivent de l'extérieur des poussées rythmiques dont le nombre de vibrations dans l'unité de temps correspond à leur période de vibration propre.

Fig. 1.

L'élément de l'appareil de Frahm est représenté en vraie grandeur sur la figure 1, il est constitué par un ressort d'acier, qui d'ordinaire a une épaisseur de 0,25 mm, une largeur de 3 mm et une longueur de 40 à 55 mm. Ce ressort est fixé par un rivet dans une fente aménagée dans un socle rectangulaire et soudé. A la partie supérieure la tête du ressort est recourbée à angle droit sur une longueur de 4 mm environ, cette extrémité est peinte en émail blanc pour être bien visible. Dans l'angle que fait la tête avec le ressort on dispose un petit grain de soudure.

La fréquence de vibration d'un tel ressort, pour lequel on emploie une matière aussi homogène que possible, dépend principalement de sa longueur libre et du poids du grain de soudure; en pratique, pour les dimensions indiquées ci-dessus, la fréquence est comprise entre 35 et 100.

Une série de ressorts dont les longueurs varient est placée sur une barre en fer ou en laiton ayant une section de 6,5 × 6,5 mm (fig. 2), les ressorts sont séparés par

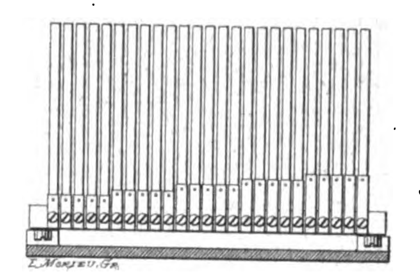
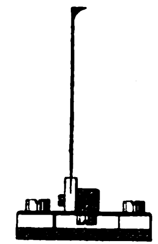



Fig. 2.

des intervalles d'environ 1 mm. L'ensemble forme ainsi une sorte de peigne. Naturellement le nombre de ressorts unitaires dépend des limites dans lesquelles l'appareil doit être employé; dans la plupart des cas on emploie de 25 à 50 ressorts; dans certaines circonstances on peut en réduire le nombre à 3 ou 5.

Le peigne est fixé sur deux ressorts plats permettant à la barre de vibrer.

Souvent il suffit pour mesurer la vitesse d'une machine de placer le peigne sur le bâti; comme ordinairement le centre de gravité n'est pas exactement dans l'axe de rotation, le bâti vibre. Ces vibrations du bâti suffisent pour faire entrer en vibration les ressorts correspondants; l'amplitude des vibrations d'un ressort varie de 2 à 30 mm et plus.

Ce mode d'emploi de l'appareil peut être utilisé pour toutes les machines à grande vitesse, qui font plus de 1000 tours par minute, par exemple des turbines à vapeur, ventilateurs, appareils centrifuges, etc., par un opérateur un peu exercé, car en se plaçant à proximité du peigne une amplitude d'oscillation de quelques millimètres peut être remarquée. En pratique, au contraire, là où chacun doit pouvoir voir les oscillations à une certaine distance (au moins 2 m) il faut que l'amplitude de ces dernières soit plus grande et atteigne au moins de 20 ou 30 mm. On place alors sur la partie tournante de la machine des saillies qui viennent frapper contre la barre qui porte les peignes une fois par tour. Le dispositif à employer peut avoir diverses formes, par exemple, on place sur l'arbre un plateau portant des saillies et des creux, et un levier poussé par les saillies vient frapper le peigne.

On peut aussi mesurer la vitesse angulaire à distance en employant une transmission électrique, on dispose la barre qui porte le peigne solidaire de l'armature d'un électro. En envoyant le courant d'un alternateur disposé sur l'arbre dans les spires de l'électro, un des ressorts entre en vibration; d'après le nombre de pôles de l'alternateur on déduit le rapport de la fréquence du courant à la vitesse angulaire de la machine. Quand la machine

commande un alternateur il suffit donc d'amener le courant à l'électro; pour une machine ordinaire on peut employer un alternateur spécial, et le plus simple alors est d'employer une roue dentée en fer doux (fig. 3) tour-

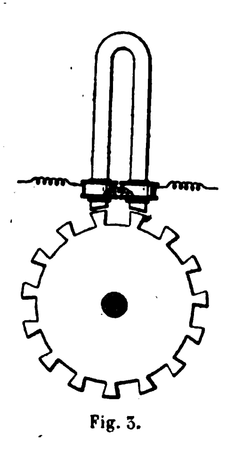


Fig. 3.

nant entre les pôles d'un aimant permanent en fer à cheval. Suivant que des dents ou des creux sont en regard des pôles, le flux varie, et en enroulant une bobine sur l'aimant, celle-ci est parcourue par un courant alternatif d'induction.

SUR LA LAMPE A L'OSMIUM

La lampe au tantale provoque naturellement des communications, pour ne pas dire des revendications, relatives aux différentes recherches faites dans le même ordre d'idées, substitution au charbon de filaments susceptibles de supporter, sans désagrégation, des températures plus élevées et de fournir, en conséquence, une plus grande intensité lumineuse à égale consommation de puissance électrique ou une intensité lumineuse donnée avec une moindre consommation spécifique de puissance.

Nous relevons aujourd'hui, dans une communication faite, le 24 janvier dernier, par M. Fritz Blau à la Société électrotechnique de Berlin les très intéressantes données qui suivent sur la lampe à l'osmium.

L'énergie totale rayonnée par un corps chauffé est, comme on sait, proportionnelle à la quatrième puissanc de la température absolue de ce corps. Au fur et à mesure que la température augmente, la proportion relative d'ondes courtes émises par rapport aux radiations de grande longueur d'ondes, croît aussi très rapidement; mais la valeur absolue de cette proportion varie pour les différents corps; elle est minimum pour les corps dits « noirs », mais comparativement élevée dans ceux à aspect métallique et à surface lisse. Ces ondes courtes se manifestent seules sous forme de lumière. Un corps effectivement lumineux doit, en conséquence, supporter des températures très élevées; sa surface de radiation, à un rendement donné, doit être aussi grande que possible; la matière du filament doit être transparente ou blanche pour réduire au minimum les effets de noircissement; la surface du filament ne doit pas noircir ou devenir rugueuse par l'usage, et sa résistance doit croître avec la température.

L'osmium se trouve, généralement sous la forme osmium-iridium, dans les minerais de platine, ainsi que dans les sables aurifères avec l'or et l'argent. On l'obtient couramment aujourd'hui en alliant avec des métaux tels que le zinc, le plomb ou l'étain les résidus de ces minerais après dissolution du platine dans l'eau régale. L'osmium-iridium s'y trouve dans un état de fine division, et, chauffé ensuite dans un courant d'oxygène, il se divise en tétraoxyde d'osmium et en iridium. Le traitement de ce tétraoxyde d'osmium par un agent réducteur quelconque donne alors l'osmium.

Quand, il y a environ six ans, M. Auer inventa la lampe à l'osmium, il lui fut impossible d'obtenir ce métal à l'état de fil; il essaya alors tout d'abord de recouvrir d'osmium un fil de platine, puis d'évaporer la majeure partie du platine. Il constata cependant qu'il se formait alors un alliage platine-osmium qui, s'il contenait plus de 4 pour 100 du premier métal, commençait à fondre lors de l'évaporation du platine. Pour maintenir la proportion de ce dernier corps au-dessous de ce chiffre, il fallait donner au filament fini cinq fois à peu près la grosseur de son âme de platine; mais, un fil uniforme de platine ne pouvant pas s'obtenir d'un diamètre inférieur à 0,02 mm, on voit qu'on ne pouvait pas réaliser avantageusement de filaments d'osmium de moins de 0,1 mm de diamètre. De tels filaments ne peuvent cependant pas servir pour des lampes de consommation inférieure à un ampère.

On en arriva alors finalement à mélanger l'osmium, aussi finement divisé que possible, avec certaines substances organiques agglomérantes et à en constituer une pâte épaisse et tenace qui, forcée par pression à travers une filière de diamant ou de saphir, est enroulée sous forme de fil sur une carte animée d'un mouvement de rotation permettant de le recueillir en boucles. Après dessiccation l'agglomérant organique est alors carbonisé par chauffage du filament dans le vide. Le filament poreux, riche en carbone, est ensuite graduellement porté à haute incandescence par un courant électrique dans une atmosphère contenant une grande quantité de vapeur et des gaz réducteurs de qualité spéciale. Le carbone du filament brut se transforme en oxyde de carbone et en acide carbonique et, au bout d'un temps relativement court, le filament reste constitué uniquement d'osmium pur ou très sensiblement tel, la proportion de carbone qu'il peut encore contenir étant insignifiante. Bien que la densité du filament ait notablement augmenté au cours du traitement, ce filament est encore poreux et sa surface est loin d'être unie et lisse.

Après essais, infructueux de divers modes de connexion du filament aux conducteurs de platine, on s'est arrêté à

un mode d'opérer très satisfaisant qui consiste à les souder ensemble par l'arc électrique.

A froid, l'osmium est cassant, mais il s'assouplit sous l'action de la chaleur; aussi les lampes actuelles ne peuvent-elles être utilisées que dans une position déterminée.

Quand la Société allemande qui exploite cette lampe en entreprit la fabrication, la plus forte tension qu'elle put supporter était de 27 volts. On ne la mit en vente que lorsqu'on l'eut perfectionnée jusqu'à la faire fonctionner sous 37 volts. On en porta cependant bientôt après la différence de potentiel à 44 volts et dans ces derniers mois il en a été vendu un très grand nombre de 55 et de 73 volts. Tout récemment enfin la lampe de 110 volts a fait son apparition.

Le filament de la lampe à osmium de 37 volts, 25 bougies Hefner, consommant un watt et demi par bougie, a 0,087 mm de diamètre et 280 mm de long. Sa surface radiante est de 3 à 3,2 mm² par bougie. Celle du filament d'une lampe à incandescence ordinaire, fonctionnant à un watt et demi par bougie, n'est que de 1,6 mm² par bougie. On en conclut que le filament de carbone doit, dans ces conditions, être à la fois plus chaud et plus « noir » que celui d'osmium. Sous une augmentation de 10 pour 100 dans la différence de potentiel, l'intensité augmente de 6,5 pour 100 dans le cas de la lampe à osmium et de 12 pour 100 pour la lampe à filament de charbon. L'augmentation correspondante d'intensité lumineuse est respectivement de 40 et 80 pour 100.

Il n'est pas encore possible d'établir de façon définitive la durée d'une lampe à osmium; mais on a plusieurs fois dépassé avec elle 5000 heures d'existence de fonctionnement.

Avec les lampes de 37 à 44 volts et 25 à 32 hefners, l'intensité lumineuse va en croissant pendant les 200 premières heures, au bout desquelles elle atteint à peu près 10 pour 100 de plus que son intensité normale. Elle décroît ensuite assez lentement pour avoir encore, après 2000 heures de marche, 85 pour 100 de sa valeur initiale. La lampe de 110 volts, 32 hefners, offre une allure analogue à la précédente, mais ne présente que vers 300 heures son maximum d'intensité, supérieure de 10 pour 100 environ à son étalonnement, et au bout de 800 heures de marche elle a encore, par une chute plus lente que précédemment, son intensité lumineuse initiale.

Les ampoules noircissent très rarement; on n'a constaté ce phénomène que dans 10 pour 100 des lampes étudiées jusqu'ici.

Ce filament présente au début une surface légèrement rugueuse qui devient progressivement plus lisse, d'où l'augmentation de pouvoir éclairant constatée pendant les 250 premières heures en moyenne. Avant de mettre la lampe en vente on la fait fonctionner à l'usine pendant plusieurs heures de manière à la mettre à peu près au point, c'est-à-dire à l'amener à un état de marche sensiblement fixe.

Si l'on alimente la lampe à moins d'un watt et demi par bougie, les modifications de structure que subit le filament sont trop rapides au point de vue pratique. On a cependant vu durer plusieurs centaines d'heures, sans affaiblissement de leur intensité lumineuse, des lampes ne consommant qu'un watt par bougie.

Sous des chocs violents le filament de la lampe à l'osmium est plus fragile que le filament de charbon; mais avec un emballage convenable le déchet de rupture en cours de route est peu important : il ne dépasse pas 1,5 pour 100. Ces lampes supportent très bien les trépidations des voitures de chemins de fer et d'omnibus.

La lampe à osmium se prête également à de très basses tensions, et elle est répandue en grande quantité sous forme de lampe de mineur à 2 volts fonctionnant sur accumulateurs portatifs.

On s'est heurté pendant longtemps à la fabrication de minces filaments, mais on est récemment arrivé à en réduire le diamètre jusqu'à 0,03 mm.

En présence des efforts multiples tentés dans cette voie et du stimulant toujours fécond de la concurrence, on peut espérer arriver à l'établissement de lampes plus économiques que celles actuelles à filaments de charbon. La réduction de consommation qui en résultera, jointe à la plus grande puissance spécifique des stations centrales, contribuera largement au développement de l'éclairage électrique et de tout ce qui s'y rattache. E. B.

PERTES DANS LE FER PAR AIMANTATION

Dans une conférence faite à la *British Association*, MM. W.-M. Mordey et A.-G. Hansard ont présenté les résultats d'essais entrepris pour fixer la proportionnalité des pertes par hystérésis et courants de Foucault.

On sait combien la détermination des pertes est importante pour la construction des appareils tels que transformateurs et dynamos; on se sert généralement de l'appareil Ewing permettant de déterminer les pertes par hystérésis et pour en déduire les pertes totales il faut naturellement connaître la proportion des autres pertes.

Afin de pouvoir tenir compte dans leur estimation de l'influence de l'épaisseur des feuilles de tôle, on employa des feuilles de 0,34, 0,47 et 0,61 mm d'épaisseur. On fit d'abord déterminer par une personne expérimentée les pertes par hystérésis au moyen de l'appareil d'Ewing. Pour une induction donnée cette perte est indépendante de l'épaisseur de la tôle; on trouve pour les 3 tôles dans l'ordre indiqué ci-dessus respectivement 0,86, 0,84 et 0,88 watt par kg de fer, en moyenne donc 0,86 watt, pour une induction de 4000 gauss et une fréquence de 100 périodes par seconde. De cette valeur moyenne on déduisit les pertes par hystérésis pour d'autres inductions et d'autres fréquences, au moyen du coefficient de proportionnalité $\mathcal{B}^{1,6}$ et par la proportionnalité avec la fréquence.

Les courbes pointillées (fig. 1) représentent ces pertes en fonction de l'induction pour la fréquence de 50 et celle de 100.

Les expérimentateurs ont ensuite relevé au wattmètre les pertes totales pour les 3 diverses tôles aux fréquences de 50 et de 100 pour diverses inductions, ils ont ainsi obtenu les courbes A50, B50, C50, A100, B100 et C100,

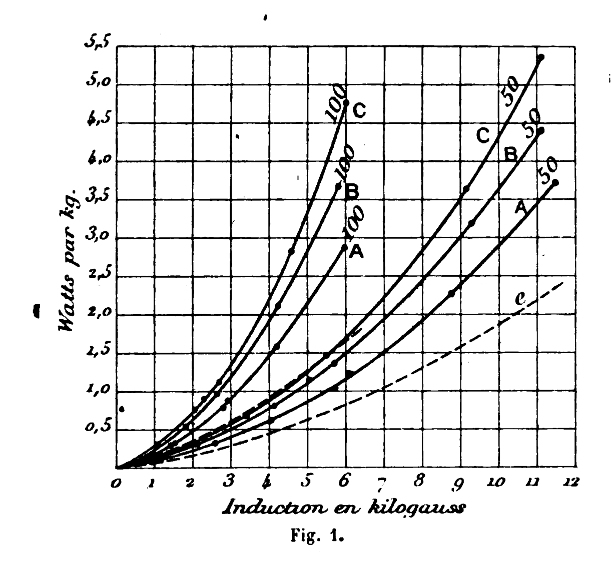


Fig. 1.

relatives aux pertes dans les tôles en les prenant dans l'ordre indiqué ci-dessus.

La table suivante, au moyen de laquelle on peut déterminer la perte par courants de Foucault, a été obtenue en retranchant de la totalité des pertes, celle par hystérésis.

PERTE EN WATTS PAR KG DE FER AUX FRÉQUENCES DE 50 ET 100

ÉPAISSEUR DES TOLES EN MM.	PERTES PAR HYSTÉRÉSIS.		PERTES TOTALES.		PERTES PAR COURANTS DE FOUCAULT.		PERTES PAR COURANT DE FOUCAULT EN POUR 100 DE L'ENSEMBLE.		INDUCTION EN GAUS.
	100.	50.	100.	50.	100.	50.	100.	50.	
0,34	0,405	»	0.628	»	0,225	»	35,8	»	2 500
0,47	0,395	»	0,815	»	0,420	»	51,5	»	
0,61	0,415	»	0,968	»	0,555	»	57,2	»	
0,34	0,86	0,43	1,398	0,572	0,558	0.142	38,6	25,0	4 000
0,47	0,84	0,42	1,825	0,706	0,985	0,286	54,2	29,8	
0,61	0,88	0,44	2,170	0.815	1,290	0,575	59,5	46,0	
0,34	1,641	0,821	2,860	1,144	1,219	0,325	42,6	28.5	6 000
0,47	1,570	0,785	3,855	1,471	2,285	0.689	54,5	45,8	
0,61	1,686	0,845	4,652	1,676	2,966	0,855	63,7	49,6	
0,34	»	1,860	»	2,930	»	1,070	»	35,8	10 000
0,47	»	1,806	«	3,615	»	1,809	»	50,0	
0,61	»	1,902	»	4,290	»	2,388	»	55,5	

On voit que la perte par courants de Foucault augmente comme le carré de l'épaisseur de la tôle pour des épaisseurs de 0,34 et 0,47 mm et ensuite de 30 pour 100 moins vite pour la tôle de 0,61 mm. Les pertes sont proportionnelles au carré de l'induction, et l'augmentation due à l'élévation de la fréquence n'est pas proportionnelle au carré de la fréquence mais moindre dans le rapport de 3,46 à 4,0. MM. Mordey et Hansard attribuent le fait que les pertes augmentent moins vite que le carré de l'épaisseur (pour la tôle de 0,61 mm) et que le carré de la fréquence à l'influence de la self-induction dans le circuit des courants tourbillonnaires.

Les expérimentateurs ont également déterminé l'influence de la température sur les pertes par courants de Foucault; ils prirent à cet effet de la tôle de 0,315 mm d'épaisseur et déterminèrent sa perte par hystérésis par la méthode ballistique pour des inductions de 2000, 5000 et 8000 gauss. Ils déterminèrent ensuite au moyen du wattmètre les pertes totales à $+ 4°,5$ C et $+ 57°$ C. Les pertes par hystérésis donnent une courbe (fig. 2) qui suit pres-

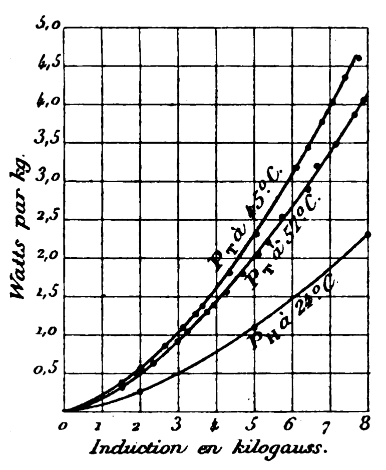


Fig. 2.

que exactement celle des $\mathcal{B}^{1,6}$, les pertes par courant de Foucault forment à peu près 50 pour 100 des pertes totales et tombent de 27,3 pour 100 pour une élévation de température de 52°,5 C. Pour une induction magnétique élevée, la perte par courant de Foucault diminue proportionnellement plus que la température ne fait augmenter la résistance. Comme en service la température est élevée, on peut admettre que les pertes dans le fer diminuent légèrement. Il y a lieu de remarquer que ce léger gain est compensé et au delà par l'augmentation des pertes dans le cuivre due également à l'élévation de température.

La table montre que la perte par courants de Foucault augmente moins rapidement que $\mathcal{B}^2$. A la fréquence 100 le rapport de la perte à $\mathcal{B}^2$ est :

$\mathcal{B}$	2500	4000	6000
Perte relative proportionnelle à $\mathcal{B}^2$.	1	2,56	5,76
Perte par courants de Foucault :			
Tôle de 0.34 mm d'épaisseur . . .	1	2,40	5.43
— 0,47 — . . .	1	2,36	5,40
— 0.61 — . . .	1	2,34	5,36
Valeur moyenne	1	2,37	5,40

Les résultats peuvent être employés non seulement pour l'établissement de transformateurs, mais aussi pour les dynamos à grande vitesse, car par exemple une turbo-dynamo à 1500 tours par minute et à quatre pôles donne une fréquence de 50. Même dans les circonstances ordinaires pour des fréquences de 8 à 16, avec une induction de 15 000 à 16 000 dans le noyau d'induit et de 20 000

dans les dents, la perte par courants de Foucault est une fraction notable de l'ensemble des pertes.

On doit prendre des tôles aussi minces que possible, mais on est arrêté dans cette voie par des difficultés pratiques et par le prix de revient élevé. La tôle la plus mince employée actuellement a une épaisseur de 0,25 mm.

A. Z.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

La discussion au Parlement sur les distributions d'énergie électrique. — Dernièrement on a entamé à la Chambre des lords une discussion sur le droit de distribuer l'énergie électrique à Londres. C'est évidemment une question très importante dont la solution aura directement ou indirectement une grande portée pour les habitants de Londres.

Le bill le plus important soumis à la Commission est celui présenté par une Société anonyme qui s'appelle *The Administrative County of London and District Electric Power C°*. Cette Société désire produire et vendre le courant électrique dans Londres tout entier sur une échelle considérable à un prix très bas. Elle a été organisée par des financiers puissants qui y ont engagé de grands capitaux. Le projet est certainement le plus important qu'on ait jamais présenté au public; aussi est-il nécessaire de bien examiner les avantages qu'il offre aux consommateurs et aux constructeurs avant qu'il intervienne une décision finale.

Le principe sur lequel cette nouvelle Société sera exploitée peut s'appliquer à toutes les affaires de ce genre, c'est-à-dire que plus grande est l'échelle de production de l'énergie, et meilleur marché peut-on la vendre.

Ce principe a été malheureusement trop souvent ignoré par les Parlements et les pouvoirs publics de ce pays, et de beaucoup d'autres, sous prétexte qu'il paraît favoriser les monopoles, mais il est facile de prouver son exactitude d'après les faits actuels et l'expérience. Il en résulte que cette Société pourra produire et vendre l'électricité bien meilleur marché que les petites Compagnies et municipalités qui se sont à présent engagées dans des entreprises de distribution d'énergie électrique dans Londres. L'avenir de ces Compagnies serait ainsi très compromis si leurs intérêts ne sont pas examinés et protégés. On voit aussi qu'il y a là une situation assez critique pour les Municipalités qui ont engagé l'argent de leurs contribuables dans une entreprise industrielle où les conditions changent de jour en jour et où l'installation qui semble aujourd'hui parfaite, peut être tout à fait démodée demain. Les Sociétés anonymes font leurs entreprises à leurs risques et sous la direction de personnes qui doivent savoir ce qu'elles font, en sorte que si elles font faillite, la prospérité d'une ville entière n'est pas menacée. Mais d'un autre côté, le consommateur, qui peut obtenir le courant à bon marché, a aussi le droit d'être pris en considération. Le système qui a été adopté jusqu'à présent en Angleterre et qui interdit aux Compagnies de concourir avec les municipalités pour la fourniture de l'énergie électrique est loin d'être le meilleur.

On comprend que l'on attende avec intérêt de ce côté-ci du détroit la décision de la Commission.

Une conférence de M. Marconi. — M. Marconi a récemment donné une conférence sur les progrès faits par sa Compagnie. Les perfectionnements récents ont porté surtout dans la protection des transmissions contre les perturbations extérieures, dans l'augmentation de la distance à laquelle on peut transmettre les messages, et dans l'exactitude de la transmission et de la réception. Puis il a donné une description de son détecteur magnétique employé dans la marine anglaise pour la télégraphie transatlantique sans fil. Il est basé on le sait sur les magnétisations cycliques successives et démagnétisations d'aiguilles en acier placées dans une bobine d'induction. On fait tourner le champ magnétique, en général en faisant tourner un aimant en fer de cheval devant le noyau de la bobine.

Pendant que le champ magnétique du noyau varie ainsi sans cesse, l'appareil est très sensible aux variations extérieures; ces dernières se traduisent par un changement de courant dans la bobine d'induction. Les ondes reçues passent à cet effet par le primaire de la bobine d'induction, le circuit des relais de l'appareil de réception étant relié au secondaire.

Si le mouvement de rotation de l'aimant en fer à cheval cesse, l'instrument est rendu inactif. On a aussi remarqué qu'il y a un point mort dans la rotation, et à l'instant où il se présente on ne peut rien recevoir.

Pour surmonter cette difficulté, l'aimant dans les plus récents appareils est fixe et une bande de fer sans fin, ou un fil de fer, traverse les bobines. D'abord, le relais avait l'inconvénient de ne pouvoir actionner aucun instrument récepteur; l'impulsion du courant induit étant trop rapide pour avoir aucun effet perceptible. En augmentant le fer, et surtout en employant du fer d'une qualité spéciale, et par l'introduction de la bande de fer roulante, on a supprimé ces difficultés, et les signaux peuvent être inscrits automatiquement. Dans le nouvel appareil la résistance est relativement faible et uniforme, de sorte qu'on pourrait l'employer avec un appareil automatique d'envoi à grande vitesse. Sur la terre, il a bien fonctionné à une distance de 240 km.

Quant à la vitesse atteinte avec l'appareil Marconi il paraît qu'on pouvait maintenir une transmission entre Amsterdam et Chelensford à une vitesse moyenne. Récemment on a fait des expériences sur les effets contraires de jour et de nuit sur les ondes de Hertz. Aux distances intérieures à 240 km on n'observait aucune

différence; au delà de ce chiffre, la réception de nuit fut trouvée bien meilleure que celle de jour, la vitesse augmentait dans la proportion de 5 à 2.

Les employés des chemins de fer électriques. — Comme conséquence de l'électrification du chemin de fer Metropolitan District, le directeur a notifié aux employés les changements qu'il propose de faire dans leur travail et à leurs appointements.

Quoiqu'ils n'acceptent pas en principe les propositions de la Compagnie, les employés ont montré un esprit très raisonnable, et bientôt toutes les difficultés seront aplanies. Il est convenu que le wattman sur les trains électriques ne peut demander un salaire aussi élevé que le mécanicien d'autrefois, aussi a-t-on dit avec raison qu'on ne peut pas offrir les mêmes salaires aux ouvriers des chemins de fer qu'à ceux des tramways. Il est en tous cas un fait c'est que quelques-uns des mécaniciens reçoivent maintenant de 53 à 70 fr par semaine, et la diminution que l'on veut imposer serait de près de 20 fr par semaine. Une difficulté analogue s'est présentée sur le North Eastern Railway, et on l'a arrangée sans conflit. Mais à New-York, l'inauguration du chemin de fer électrique souterrain, et l'exploitation électrique des chemins de fer aériens paraissent au contraire avoir amené une très grande grève.

Les applications du gaz. — Un livre sur les propriétés, la production et l'emploi du charbon à l'état gazeux vient d'être publié par M. Humbolt Sexton, il sera le bien-venu de tous ceux qui se sont intéressés au développement de cet agent énergique soit pour les usages métallurgiques, soit pour la distribution de gaz à bon marché en vue de la production de force motrice au moyen de machines à combustion interne. On ne peut pas très bien utiliser le charbon ordinaire tout-venant pour la production de hautes températures telles qu'on le désire dans les fours, mais lorsqu'on gazéifie le charbon dans un appareil convenable, la température qu'on obtient est beaucoup plus facile à régler. L'auteur explique très clairement la chimie de la gazéification et de la combustion qui est la seule base possible d'après laquelle on puisse étudier et construire des appareils producteurs à gaz à bon rendement.

Le livre contient des descriptions et des dessins de 60 modèles différents de gazogènes qui dérivent du producteur simple consistant en une cheminée profonde dans laquelle le charbon est gazéifié par l'air seul, puis des types divers qui emploient l'air avec une petite proportion de vapeur d'eau. Le livre contient également les modèles de plusieurs formes de fours pour la production de hautes températures au moyen des récupérateurs bien connus, et l'application du combustible gazeux au chauffage de chaudières à vapeur.

Il reste encore bien des perfectionnements qu'on peut atteindre dans l'établissement de l'appareil producteur de gaz pour la force motrice.

Quoiqu'il y ait beaucoup de gazogènes décrits en vue de l'emploi de charbons bitumineux, l'auteur pense que jusqu'à présent, le système Mond paraît le meilleur en principe pour produire la force motrice, mais il faut, dans la plupart des générateurs pour gazéifier l'anthracite ou le coke une chaudière à vapeur comme auxiliaire. Il appelle aussi l'attention sur le gazogène à aspiration, ce type pouvant être à bon rendement, même quand on ne l'emploie que pour de très petites unités, et comme il ne demande aucune chaudière à vapeur et aucun réservoir de gaz, il estime qu'il prendra une place considérable dans l'industrie.

Un examen soigneux des gazogènes montre que l'auteur voudrait voir créer un appareil capable de gazéifier avec économie la poussière de charbon, qui se vend à très bon marché; les difficultés qu'il faut vaincre proviennent de ce que le charbon se colle et forme un bloc avec les goudrons provenant des gaz volatils. Ces goudrons doivent être transformés en des gaz permanents dans le gazogène ou enlevés par un moyen quelconque, avant qu'on puisse employer le gaz dans les cylindres des machines. Le titre anglais de ce livre est : *Producer Gas : A Sketch of the Properties, Manufacture and Uses of Gaseous Fuel,* by A. Humbolt Sexton. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 6 mars 1905.

Oscillation des véhicules de chemin de fer sur leurs ressorts de suspension. — Note de M. Georges Marié, présentée par M. Léauté. — L'étude des oscillations des véhicules de chemin de fer présente un grand intérêt, d'abord à cause des déraillements occasionnés par des oscillations exagérées, ensuite au point de vue de l'action fâcheuse des secousses pour les voyageurs, le matériel et la voie.

Cette étude prend de jour en jour une importance plus grande, à mesure qu'on tend à augmenter la vitesse des trains rapides. Ces oscillations sont causées, soit par les défauts du matériel, soit par ceux de la voie.

Elles ont été étudiées par des ingénieurs d'un grand talent; il faut citer notamment les travaux de MM. Phillips, Le Chatelier, Yvon Villarceau, Vicaire, Pochet, Nadal, etc. Dans ces travaux, on s'est d'abord attaché à étudier les oscillations occasionnées par le matériel; mais, depuis quelques années, on se préoccupe davantage des oscillations occasionnées par la voie. Parmi ces oscillations, on a étudié, notamment, celles qui sont dues aux dénivellations périodiques verticales se produisant à chaque rail. Le plus souvent les joints des deux files de rails sont concordants, c'est-à-dire situés en face l'un de l'autre; il en résulte que ces dénivellations périodiques

produisent leur effet à la fois sur les deux roues d'un même essieu, et donnent lieu à des oscillations verticales simultanées, quand les oscillations horizontales ne viennent pas les compliquer. On a pensé que ces oscillations verticales devaient être forcément divergentes et par conséquent dangereuses, quand il y a synchronisme entre le temps que le véhicule met à parcourir la longueur d'un rail et la durée de son oscillation naturelle sur ses ressorts; on en a conclu qu'il fallait empêcher les véhicules de circuler à cette vitesse spéciale qu'on a appelée *vitesse critique*.

J'ai étudié cette question en 1901 [1] et j'ai constaté qu'elle avait une grande analogie avec celle des régulateurs de vitesse. Il est impossible d'empêcher les véhicules de circuler parfois à leur vitesse critique qui correspond souvent aux vitesses les plus usuelles; mais les oscillations divergentes qui semblent résulter de la théorie ne se produisent pas, en général, dans la pratique, à cause des frottements des lames de ressorts, des attaches et des guidages dont les calculs n'avaient pas tenu compte. Il y a là une grande analogie avec l'amortissement des oscillations des régulateurs par les frottements ou les freins à l'huile. Cependant des oscillations divergentes peuvent se produire dans certains cas et être la source de dangers redoutables: d'où la nécessité d'examiner la question de très près. J'ai donc été amené à rechercher la condition de convergence des oscillations des véhicules de chemins de fer sur leurs ressorts, à la vitesse critique, qui est la plus défavorable; j'ai fait, dans ce but, une étude de ces oscillations par des procédés graphiques, dans un cas théorique simple, et je suis arrivé à établir, dans le Mémoire de 1901, la formule suivante qui donne la condition de convergence :

$$h \leqq 2fa,$$

h est la dénivellation périodique maxima de la voie (0,004 m environ);

f, le frottement relatif du ressort, ou rapport constant de la somme des frottements des lames de ressort, des guidages, etc., à la valeur correspondante de l'effort du ressort, ces frottements étant rapportés au même chemin parcouru que l'effort du ressort lui-même (0,02 à 0,06 suivant les ressorts);

a, la flèche du ressort sous la charge immobile (0,03 à 0,25 m suivant les cas).

Puis j'ai montré que cette formule, établie pour un cas théorique simple, pouvait s'appliquer le plus souvent, dans la pratique des chemins de fer, et donner une condition de convergence des oscillations du véhicule, pour le cas qui nous occupe.

Cette formule montre :

1° Qu'on doit employer une voie aussi rigide que possible pour diminuer la valeur de *h*;

2° Qu'il faut avoir des ressorts ayant une grande flexibilité et, en même temps, un frottement relatif assez élevé;

3° Que, si la condition ci-dessus est réalisée, le véhicule n'aura pas d'oscillations divergentes verticales, quelle que soit la vitesse.

J'ai appliqué cette formule à un certain nombre de véhicules de chemins de fer, locomotives, tenders, voitures, fourgons; j'ai constaté que la condition de convergence était réalisée, dans la grande majorité des cas, mais que, cependant, certains véhicules défectueux ne la remplissaient pas et pouvaient être voués, dans certains cas, aux oscillations divergentes. J'ai indiqué divers procédés graphiques qui permettent de se rendre compte de l'amplitude des oscillations successives, de leur durée, etc.

Je dois ajouter que les oscillations en question ne sont pas les seules à considérer; il y en a d'autres, parfois dangereuses, qui imposent souvent une limite à la vitesse.

Depuis que j'ai établi la formule de convergence rappelée plus haut, il s'est produit, dans la pratique, des faits qui concordent avec elle; tout d'abord, dans l'industrie des automobiles, on a mis en relief l'avantage pratique des ressorts munis de frottements additionnels; d'autre part, en Allemagne, il a été fait des expériences de traction électrique sur une ligne spéciale, jusqu'à la vitesse de 210 km à l'heure: ces expériences montrent que les véhicules de chemins de fer bien établis ne sont pas soumis à des oscillations divergentes dues aux dénivellations verticales de la voie, même à ces énormes vitesses.

[1] Pli cacheté déposé à l'Académie dans la séance du 1er avril.

Action du bromure de radium sur la résistance électrique des métaux. — Note de M. Bronislas Sabat, présentée par M. Becquerel. — Grâce à la grande obligeance de M. Curie, qui a mis toutes les ressources dont j'avais besoin à ma disposition, j'ai fait un grand nombre d'expériences relatives à l'action des rayons du radium sur la résistance électrique de différents métaux comme le cuivre, le fer, l'acier, le platine, le laiton, le maillechort et le bismuth.

Pour mesurer des résistances je me suis servi d'un dispositif avec un pont Wheatstone-Kirchhoff et un galvanomètre à miroir suffisamment sensible.

M. Curie a mis à ma disposition la plus forte préparation de radium de son laboratoire, c'est-à-dire 0,2 g de bromure de radium pur enfermé dans une ampoule en verre à paroi très mince.

Les résistances des différents fils métalliques (épaisseur des fils 0,1, et 1,1 mm) étaient enroulées sur des tubes de papier mince (diamètre du tube 0,6 cm), et la bobine soumise à l'action du rayonnement du radium en plaçant l'ampoule contenant le radium dans l'intérieur du tube.

Pour mesurer l'action des rayons du radium sur la résistance du bismuth, j'ai employé une spirale de bismuth comprise entre deux lames minces de mica. L'épaisseur du disque, composé de deux lames de mica et de la spirale de bismuth qui y était intercalée, était de 0,7 mm. La spirale de bismuth était soumise à l'influence des rayons du radium en mettant l'ampoule contenant le bromure de radium sur le disque de mica placé horizontalement et recouvert d'une feuille de papier mince.

Toutes les expériences ont été disposées de telle façon que les fils métalliques ont été soumis à l'action d'une partie considérable des rayons β et γ émis par le bromure de radium.

Dans les expériences où les fils métalliques étaient soumis à l'action du radium pendant un temps plus long, on ne pouvait pas éviter une communication de chaleur aux fils métalliques par le radium. Je me suis convaincu, par différentes expériences comparatives, que les élévations de température des fils des bobines et de la spirale de bismuth, produites par la communication directe de la chaleur émise par le radium, pouvaient être au maximum 0,3 à 0°,4 C.

Les tableaux suivants contiennent quelques-uns des résultats obtenus :



Résistance (r) d'un fil de fer (épaisseur du fil : 0,1 mm).

	Ohms.
Résistance initiale à 16°,8 C	4,640
r immédiatement après avoir soumis la bobine à l'action du radium	4,659
r après 5 minutes d'exposition	4,676
r — 30 secondes après avoir éloigné le radium	4,664
r — 3 minutes après avoir éloigné le radium	4,644

Maximum de variation de la résistance : $\Delta r = 0,036$ ohm, ce qui fait 0,776 pour 100 de résistance initiale et correspondrait à une élévation de température $\Delta t = 1°,62$ C.

[Coefficient de température du fer : $a = 0,0048$ (Preece).]

Résistance (r) d'un fil de platine (épaisseur du fil : 0.01 mm).

	Ohms.
Résistance initiale à 16°,1 C	8,180
r immédiatement après avoir soumis la bobine à l'action du radium	8,188
r après 6 minutes d'exposition	8,201
r — 1 minute après avoir éloigné le radium	8,190
r — 5 minutes après avoir éloigné le radium	8,181

Maximum de variation de la résistance : $\Delta r = 0,021$ ohm, ce qui fait 0,257 pour 100 de résistance initiale et correspondrait à une élévation de température : $\Delta t = 0°,71$ C.

[Coefficient de température du platine : $a = 0,00365$ (Matthiessen).]

Résistance (r) d'un fil de maillechort (épaisseur du fil : 0,1 mm).

	Ohms.
Résistance initiale à 16°,5 C	6,544
r immédiatement après avoir soumis la bobine à l'action du radium	6,546
r après 4 minutes d'exposition	6,550
r — 30 secondes après avoir éloigné le radium	6,548
r — 5 minutes après avoir éloigné le radium	6,545

Maximum de variation de la résistance : $\Delta r = 0,006$ ohm, ce qui fait 0,092 pour 100 de résistance initiale et correspondrait à une élévation de température $\Delta t = 2°,56$ C.

[Coefficient de température du maillechort : $a = 0,00036$ (Matthiessen).]

Résistance (r) de la spirale de bismuth.

	Ohms.
Résistance initiale à 16° C	25,018
r immédiatement après avoir soumis la spirale à l'action du radium	25,045
r après 5 minutes d'exposition	25,089
r — 30 secondes après avoir éloigné le radium	25,051
r — 4 minutes après avoir éloigné le radium	25,021

Maximum de variation de la résistance : $\Delta r = 0,071$ ohm, ce qui fait 0,284 pour 100 de résistance initiale et correspondrait à une élévation de température $\Delta t = 0°,8$ C.

[Coefficient de température du bismuth : $a = 0,00357$ (Matthiessen).]

Les valeurs et les variations des résistances des différents fils métalliques semblent dépendre de plusieurs conditions des expériences, telles que : dimensions du fil, pouvoir absorbant pour les rayons Becquerel, chaleur spécifique et conductibilité thermique, coefficient de température de résistance électrique du métal, etc.

D'après un grand nombre de tableaux semblables aux précédents, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le bromure de radium, placé à proximité de fils métalliques tels que le bismuth, le fer, l'acier, le cuivre, le platine, le laiton, le maillechort, augmente leur résistance électrique;

2° Une certaine augmentation de résistance des métaux se produit déjà immédiatement après les avoir soumis à l'action des radiations du radium, c'est-à-dire quand la température des métaux ne peut pas encore être élevée d'une façon perceptible par la communication directe de la chaleur émise par le radium. Lorsqu'on maintient le radium pendant un temps plus long à proximité des fils métalliques, leur résistance augmente jusqu'à une valeur à peu près constante; lorsqu'on éloigne le radium, les métaux reprennent lentement la résistance primitive.

3° La variation de la résistance va jusqu'à une valeur quelquefois plus grande que celle qui pourrait être produite par la communication directe de la chaleur aux fils métalliques par le radium.

4° En me basant sur les points précédents (1°, 2°, 3°), je conclus que les métaux absorbant les rayons Becquerel et principalement (dans mes expériences) les rayons β, transforment une partie de l'énergie de ce rayonnement en énergie calorifique qui, élevant la température des métaux, augmente leur résistance électrique.

Cette conclusion est d'accord avec nos idées sur les rayons β, parce qu'il est plus que probable que les électrons de ces rayons, qui possèdent une grande énergie cinétique, en frappant les molécules des métaux, élèvent leur température ainsi que le font les rayons cathodiques, auxquels les rayons β sont analogues. Les rayons β en frappant les métaux élèvent leur température beaucoup moins que les rayons cathodiques, parce que le pouvoir absorbant des métaux pour les rayons β est moindre que celui pour les rayons cathodiques.

Contribution à l'étude de l'ionisation dans les flammes. — Note de M. Pierre Massoulier, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus*).

Variations de l'étincelle équivalente du tube à rayons X. — Note de M. S. Turchini, présentée par M. d'Arsonval. (Voy. les *Comptes rendus*).

Sur la dissolution électrolytique du platine dans l'acide sulfurique. — Note de MM. André Brochet et Joseph Petit, présentée par M. Moissan. — Nous avons étudié précédemment la dissolution du platine dans les cyanures sous l'action du courant alternatif [1] et avons établi que cette dissolution résultait d'une pulvérisation de l'électrode agissant comme cathode du fait de la formation d'un alliage. Cet alliage décomposé par l'eau laisse le platine dans un état physique tel qu'il se dissout spontanément dans le cyanure [2].

Depuis, nous avons remarqué que la quantité d'hydrogène qui se dégage est considérable et représente jusqu'à 10 ou 15 fois celle qui correspond à la dissolution du platine. Il y a donc une oxydation importante du cyanure atteignant, dans les conditions de nos essais, environ 50 pour 100 de la quantité d'électricité fournie à l'appareil.

Dans un autre ordre d'idées, M. Ruer a montré que le courant alternatif provoque la dissolution du platine dans

[1] André Brochet et Joseph Petit, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 1095 et 1421.

[2] André Brochet et Joseph Petit, *Ann. de chim. et de phys.*, 8e série, t. III, 1904, p. 433.

l'acide sulfurique si l'on ajoute un oxydant ou si l'on superpose l'action du courant continu en utilisant les deux électrodes comme anodes d'un autre système ([1]).

Étant donné que dans aucun cas le platine ne se dissout du fait du courant continu, Ruer admet que le courant alternatif a une action spécifique et que la dissolution du platine est due à la formation sur l'électrode agissant comme anode d'une couche hypothétique d'un oxyde supérieur du platine également hypothétique et insoluble dans l'acide sulfurique. Cet oxyde est réduit partiellement pendant que l'électrode agit comme cathode, l'oxyde qui en résulte est alors susceptible de se dissoudre dans l'acide sulfurique concentré et l'hydrogène en excès se dégage.

Cette hypothèse ne reposant sur aucun fait précis nous a paru discutable et nous avons indiqué, *a priori*, que la théorie que nous proposions pour le cas du cyanure pouvait s'appliquer à celui de l'acide sulfurique.

Une réplique de M. Ruer ([2]) nous a amenés à étudier en détail la réaction en utilisant, comme nous l'avions fait dans le cas du cyanure, le courant redressé fourni par une soupape électrolytique.

Nous avons alors constaté que le platine se dissout à l'anode, la solution se colore du fait de la formation de sulfate et le métal se dépose à la cathode. L'addition d'un oxydant, loin de favoriser la dissolution du métal à l'anode, atténue au contraire cette dissolution; par contre elle empêche la précipitation du platine à la cathode, la réduction portant sur l'oxydant.

La dissolution du platine n'est donc pas une action spécifique du courant alternatif, elle est propre au courant à intensité variable.

Dans le cas du courant alternatif, nous avons observé également une réduction importante de l'oxydant; c'est ainsi que, pendant un essai, une solution d'acide sulfurique renfermant 250 g par litre d'acide persulfurique est passée à 100 g par litre, avec un rendement moyen de 70 pour 100 environ. Résultat du même ordre de grandeur que ceux obtenus, dans des conditions aussi voisines que possible, soit avec le courant continu, soit avec le courant redressé.

Si l'on compare les quantités d'électricité mises en jeu, on y voit que la dissolution du platine dans l'acide sulfurique est très faible vis-à-vis de la réduction de l'oxydant.

D'autre part, nous avons établi la cause de la dissolution du platine dans l'acide sulfurique lorsque l'on superpose l'action anodique du courant continu à l'action du courant alternatif. C'est encore à la variation de la densité du courant que l'on peut attribuer l'attaque du métal.

Ces essais établissent donc d'une façon bien nette que, contrairement à ce qui se passe avec les cyanures, la dissolution du platine dans l'acide sulfurique est due à une réaction de l'anode. Sauf ce point, tous les faits que nous venons de passer en revue sont en contradiction formelle avec les hypothèses de Ruer.

Dans un Mémoire plus détaillé, nous donnerons nos conditions d'expériences; résumons ici les résultats de la présente série de recherches.

Conclusions. — 1° Le courant à intensité variable provoque la dissolution du platine dans l'acide sulfurique.

2° Le courant alternatif n'a pas d'action spécifique du fait du changement de sens du courant, et les résultats que l'on observe correspondent à la résultante des phénomènes anodique et cathodique.

3° Sans oxydant, la dissolution du métal agissant comme anode, et due à la variation d'intensité, est contrebalancée exactement par la précipitation sous forme de noir de platine.

4° La présence d'un oxydant n'a nullement pour effet de permettre la formation d'un oxyde supérieur de platine, ni même de favoriser sa dissolution, il empêche simplement la réduction du sel de platine du fait de sa propre réduction, de sorte que le métal reste en solution. Naturellement, la concentration du platine dans la solution est limitée, et l'on arrive à un état d'équilibre variable suivant les conditions de l'expérience.

5° Si, dans l'électrolyse de l'acide sulfurique seul, on superpose au courant alternatif l'action du courant continu, la dissolution se fait par un processus analogue, et le métal entré en solution pour une quantité donnée d'électricité anodique résultant de l'action combinée des deux courants ne sera que partiellement déposé par la seule action cathodique du courant alternatif. L'action absolue du courant alternatif est nulle, et le courant continu à intensité constante se comporte comme s'il était transformé en courant continu à intensité variable.

([1]) R. Ruer, *Zeitsch. f. Elektroch.*, t. IX, 1903, p. 235 et *Zeitsch. f. phys. Chem.*, t. XLIV, 1903, p. 881.

([2]) R. Ruer, *Zeitsch. f. Elektroch.*, t. XI, 1905, p. 10.

BIBLIOGRAPHIE

Lois fondamentales de l'électrolyse, par Ph. Muller. — Encyclopédie des Aide-mémoire. — *Gauthier-Villars* et *Masson et Cie*, éditeurs, Paris, 1905. — Format habituel : 190 × 115 mm; 186 pages. Prix : 2,50 fr.

Malgré l'intérêt éditorial que peut présenter l'absence de date sur un ouvrage, nous ne saurions trop regretter qu'on y ait sacrifié systématiquement, dans cette collection, l'intérêt supérieur de la science ou, du moins, de son histoire. Cette réflexion nous semble plus que jamais de mise lorsqu'il s'agit, comme ici, d'une branche scientifique en pleine évolution, ou même encore à peine ébauchée et dans l'étude de laquelle il importe, non pas aux générations futures, mais aux travailleurs actuels eux-mêmes de suivre pas à pas, méthodiquement et dans leur ordre même, les progrès réalisés.

Les périodiques et leurs bibliographies suppléent, nous le savons bien, dans une certaine mesure à cette lacune; mais ils ne le font que très relativement, les éditions successives d'un même livre ne recevant généralement pas les honneurs du compte rendu et le lecteur ne pouvant y recourir facilement pour savoir dans quel ordre il doit prendre son étude, si tel livre a précédé ou suivi tel autre et si ceux qu'il consulte cadrent ou non comme contemporanéité. Ce renseignement est d'autant plus important dans cette collection que le peu de place imparti à chaque auteur ne lui permet guère de documenter chronologiquement et bibliographiquement son œuvre.

L'ouvrage dont il est ici question échappe cependant, partiellement au moins, à cette critique en ce que, dans son introduction, il renvoie, pour sa facile intelligence, à un précédent volume de la même collection dû à M. Etard, intitulé *Les nouvelles théories chimiques* et qui en est, lui, à sa troisième édition. C'est quelque chose, sans doute; mais, quant à nous dire, par leurs simples dates respectives, en combien de temps s'est effectuée cette évolution entre la première et la troisième édition dudit livre, puis entre cette dernière et l'apparition du présent volume, il n'en subsiste malheureusement aucune trace.

Quoi qu'il en soit, ce nouveau venu appartient à la catégorie des livres profonds dans cette Encyclopédie, d'allure si différente dans le mode de traitement des sujets. Il nous introduit dans la théorie si vaste, mais encore si obscure, des ions et est bien fort pour les simples électriciens. A ce titre il justifie pleinement la référence du début à laquelle feront bien de se reporter immédiatement et préalablement ceux qui ne sont plus ou pas assez familiarisés avec les nouvelles théories de la Chimie qui la font, heureusement, passer de la prétendue forme « cuisine » et « affaire de mémoire » en laquelle elle a été longtemps et dédaigneusement tenue ou appréciée, au rang de véritable science et non des moins élevées, puisqu'elle confine aujourd'hui plus que jamais à la « philosophia » des anciens.

Nous nous bornerons d'ailleurs, au point de vue analytique, à en citer les cinq titres de chapitres : Électrolyse; — Changements de concentration dus à l'électrolyse; Vitesse relative des ions; — Conductibilité des électrolytes; — Forces électromotrices; — Énergie des piles; — Appendices.

Grand volume dans une petite collection!

E. Boistel.

La technique des Courants alternatifs, par G. Sartori; traduction de l'italien par A. Montpellier, tome II. — *Vve Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25×16 cm; 634 pages. — Prix : 20 fr.

Dix mois à peine nous séparent de la publicité faite (1) au premier volume de ce grand ouvrage, et M. Montpellier a déjà achevé et produit la traduction du second, autrement importante et difficile que celle de son aîné. C'est beaucoup pour un seul homme et nous ne pouvons que le féliciter de cette facilité et de cette rapidité de travail qui n'excluent pas d'ailleurs d'autres occupations aussi nombreuses qu'astreignantes. Cet éloge est d'autant plus mérité en l'espèce qu'à la simple traduction se joignent les nécessités d'adaptation des termes et notations internationaux, français et homogènes aux formes italiennes et la correspondance y relative qui en résulte avec un auteur désireux de suivre lui-même (de loin) la traduction de son œuvre.

Ce sympathique tribut payé à la personne du traducteur ne serait pas d'ailleurs complet si nous ne reconnaissions de nouveau sa bonne inspiration lorsqu'il s'est imposé cette vaste tâche. L'ouvrage en question est, en effet, un des plus complets, au point de vue technique, et des plus accessibles que nous ayons sur ce sujet aussi important que délicat. Sans revenir sur ce que nous en avons déjà dit précédemment, nous ne pouvons ne pas mentionner ce qui en fait un des principaux et le plus original mérite : sa division en deux parties, l'une élémentaire et pratique, ouvrant la voie à tous, l'autre plus théorique ou comportant au moins plus de calculs, et ces deux parties marchant constamment de pair et de conserve, chapitre par chapitre, dans les deux volumes distincts, indépendants et cependant complémentaires qui font de l'ouvrage le tout aujourd'hui parachevé.

Cette manière de procéder, très intelligente, au point de vue du travailleur aussi bien que de l'éditeur, ne constitue pas, bien entendu, le mode d'exposition absolument suivi dans les leçons de l'auteur à l'École supérieure de Constructions navales de Trieste, où il n'est pas fait, naturellement, d'abord un cours pratique, puis un cours plus mathématique. Il en est sinon l'exagération, du moins le dédoublement, en ce que chaque chapitre ou division du cours y est successivement traité sous ces deux aspects. Chaque phénomène est d'abord toujours étudié physiquement et descriptivement, et c'est seulement après avoir acquis la conviction que tous les auditeurs en ont parfaitement compris le mécanisme que le maître aborde les calculs pratiques et les développements complémentaires qu'il comporte. Outre la facilité d'intelligence résultant de cette méthode, elle a l'avantage de ne pas hypnotiser les élèves sur de simples abstractions mathématiques, mais de leur faire saisir avant tout des réalités physiques. Les conceptions mathématiques de ce second volume sont en outre concrétées elles-mêmes, une à une, en une application numérique, lien très heureux entre les deux modes de présentation des phénomènes et qui consacre en dernière analyse le but utilitaire et la réalisation pratique de l'instruction donnée.

Le livre est d'ailleurs écrit surtout en vue de ceux qui désirent étudier les courants alternatifs, non au point de vue de la construction des appareils qu'ils mettent en œuvre, mais à celui de leur emploi dans l'industrie. A ce titre il s'adresse à la généralité des lecteurs. Son succès est assuré.

E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

347 671. — **A. Wolf junior et Cie**. — *Pile thermo-électrique à foyer* (5 novembre 1904).

---

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, 1904, p. 243.

347 787. — **Lamme.** — *Perfectionnements apportés aux moteurs électriques à courants alternatifs* (11 novembre 1904).

347 805. — **Boudreaux.** — *Balais bi-lubrifiants pour dynamos* (11 novembre 1904).

347 681. — **Weilandt.** — *Borne en forme de vis* (5 novembre 1904).

347 903. — **Lehmann.** — *Moteur à répulsion compensé* (14 novembre 1904).

347 941. — **Michel.** — *Application de la stéatite à la construction des collecteurs des machines magnéto et dynamo-électriques* (15 novembre 1904).

347 967. — **Geipel et Lange.** — *Système de contrôle de moteurs électriques* (16 novembre 1904).

348 027. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Perfectionnement dans la construction des dynamos à grande vitesse* (19 novembre 1904).

347 879. — **Frankel.** — *Pince d'essayage pour lignes électriques* (12 novembre 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Compagnie électrique du Secteur de la Rive Gauche de Paris. — *Assemblée générale ordinaire du 22 mars 1905.* — Rapport du conseil d'administration. — Nous avons l'honneur de vous rendre compte des opérations de notre Société pendant l'exercice 1904, qui a été normal.

Si nous envisageons les résultats au point de vue purement industriel,

Les recettes d'exploitation, qui étaient en 1903 de	3 168 014,11 fr.
Ont été en 1904 de	3 395 027,57
Augmentation	227 013,46 fr.
Les dépenses d'exploitation, qui étaient en 1903 de	1 649 638,35
Ont été en 1904 de	1 646 162,04
Diminution	3 476,31 fr.
Le bénéfice de l'exploitation, qui était en 1903 de	1 518 375,76 fr.
A été en 1904 de	1 748 865,53
Augmentation	230 479,77 fr.

Ce bénéfice industriel de 1 748 865,53 représente pour un ensemble de recettes de 3 395 027,57 fr, en 1904, 51,51 pour 100 contre 47,92 pour 100 en 1903.

Au point de vue financier, si nous déduisons les charges résultant des intérêts des obligations, la différence sur le prix d'émission et la prime de remboursement des obligations sorties au tirage, le bénéfice net de l'exercice est de 1 184 353,88 fr, non compris 436 500 fr montant des obligations sorties au tirage en 1904.

Les bénéfices nets de l'exercice 1904 sont en augmentation de 252 626,18 fr sur ceux de l'exercice 1903.

En ajoutant au bénéfice de l'exercice 1904 le report de 1902 qui était de 116 700,87 fr et celui de 1903 qui était de 931 727,70 fr, le solde disponible à la fin de 1904 est de 2 232 782,45 fr.

Nous reviendrons sur ces chiffres, Messieurs; si vous le voulez bien, nous allons reprendre la suite de notre rapport, suivant la forme habituelle.

Usine d'Issy-les-Moulineaux. — Nous vous rappelons que notre usine est établie sur un terrain nous appartenant, d'une superficie de 16 805 m², situé à proximité de la Seine, quai d'Issy-les-Moulineaux, 39. En outre, nous avons acquis en 1902, à la liquidation de la Société des Établissements Électro-métallurgiques Gin et Leleux, le bail avec promesse de vente de deux terrains contigus de 2193 m² de surface. La superficie des terrains occupés par nos services est donc de 18 998 m².

Nous vous rappelons également que notre usine produit l'énergie électrique sous forme de courant alternatif simple au potentiel de 3000 volts, 42 périodes. Ce courant est réduit, pour la distribution, à 110 volts, pour la plus grande partie au moyen de transformateurs placés dans les immeubles desservis, et exceptionnellement, dans des quartiers plus denses, au moyen de postes alimentant des réseaux secondaires à basse tension.

Au 31 décembre 1904, nos moyens de production étaient les suivants :

PROVENANCE DES GROUPES ÉLECTROGÈNES.	NOMBRE DE GROUPES ÉLECTROGÈNES.	PUISSANCE DE CHAQUE GROUPE		
		EN CHEVAUX.	EN KILOVOLT-AMPÈRES.	EN KILOWATTS UTILISABLES.
Établissements du Creusot	4	700	450	450
Société l'Éclairage électrique	3	700	600	480
Société Westinghouse	3	700	600	480
Société Lombard-Gerin et Cie	2	1350	1000	800
Sociétés Cail et Creil	1	1000	750	600

Le nombre des groupes électrogènes était donc, au 31 décembre 1904, de 13, pouvant développer une puissance effective de 10 700 chevaux, avec une capacité de production de 8150 kilovolts-ampères et une puissance utilisable de 6880 kilowatts.

Le remplacement des anciens alternateurs du Creusot par des alternateurs plus puissants, donnant une meilleure utilisation des machines motrices, réfection que nous avions commencée l'année dernière, a été continué au cours de l'exercice écoulé. Ainsi que nous vous l'avons dit, nous nous sommes adressés, pour cette fourniture, à la Société l'Éclairage électrique et à la Compagnie Westinghouse. La transformation des quatre alternateurs du Creusot restant sera effectuée dans le courant de l'exercice en cours. Nous aurons ainsi, avec le minimum de frais, remplacé des alternateurs fatigués et vieillis, par des alternateurs neufs et plus modernes, et, en même temps, augmenté la puissance de production de notre usine. Les immobilisations faites en 1904 pour cette transformation se sont élevées à 231 682,75 fr.

Les travaux de réfection et d'entretien figurent au prix de revient, comme l'année dernière; les sommes ainsi dépensées à l'usine, en 1904, s'élèvent au chiffre considérable de 152 895,99 fr, c'est-à-dire sensiblement au même chiffre que pour l'exercice précédent.

La production en kw-h a été de	8 902 977 kw-h.
Elle avait été, en 1903, de	8 189 627 —
Soit en plus pour 1904	713 350 kw-h.

Sur cette production, il a été relevé aux compteurs des abonnés :

En 1904	4 438 594 kw-h.
En 1903	4 128 988 —
Soit à l'avantage de 1904	309 606 kw-h.

Si l'on compare cette consommation avec la production, on voit que l'utilisation a été de 49,85 pour 100 contre 50 pour 100 en 1903.

Canalisation. — Vous trouverez dans le tableau suivant le développement de la canalisation au 31 décembre 1904 :

CANALISATIONS.	LONGUEUR TOTALE FIN 1903.	LONGUEURS POSÉES EN 1904.	LONGUEUR TOTALE FIN 1904.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Canalisations primaires :			
Feeders.	59 310	5 124	64 434
Câbles de distribution. . . .	101 342	1 948	103 290
Canalisations secondaires :			
Câbles de distribution. . . .	6 620	40	6 660
Réseau d'éclairage public . .	14 075	Néant.	14 075
TOTAUX.	181 347	7 112	188 459

Ainsi que nous l'avions prévu l'année dernière dans notre rapport, nous avons été dans l'obligation de prolonger un de nos feeders, pour satisfaire aux besoins et pour maintenir l'équilibre entre les moyens de distribution du courant et les installations nouvelles.

Les immobilisations pour la pose des canalisations se sont élevées en 1904 à 251 091,75 fr, ce qui porte la valeur des canalisations à 6 410 293,55 fr, soit une dépense de 34,01 fr par lampe installée.

Si on rapproche le nombre de kilomètres de canalisations du nombre de polices en service et du nombre de lampes de 10 bougies desservies, on voit les résultats ci-après :

Nombre de polices desservies par kilomètre de canalisation.	26.39
Nombre de lampes de 10 bougies desservies par kilomètre de canalisation	1655

Branchements, colonnes montantes, compteurs. — Au 31 décembre :

Le nombre des branchements était de	1 855
Le nombre des colonnes montantes appartenant à la Compagnie de	501
Le nombre des compteurs de.	5 590
Les branchements, transformateurs, colonnes montantes et compteurs qui, en fin de concession, restent la propriété de la Société, figurent au bilan de 1904 pour une somme de	2 937 120,19 fr.
Leur valeur était au 31 décembre 1903 de. . .	2 917 927.69

La dépense moyenne par lampe installée a été de 3,52 fr; elle était, en 1903, de 5,52 fr.

Transformateurs :

	1903.	1904.
Puissance des transformateurs en service au 31 décembre, en kw.	13 418	14 217
Puissance des installations desservies, en kw	11 564	12 465
Coefficient, en pour 100.	86	87

Abonnés. — Pendant l'exercice 1904, le nombre des polices signées a augmenté de 534 et celui des polices en service de 514. Ce qui porte le nombre des polices signées au 31 décembre 1904 à 5043, représentant une capacité de 12 697 kw, soit 317 424 lampes de 10 bougies; et le nombre des polices en service à la même époque à 4974 polices pour une capacité de 12 465 kw, soit 311 583 lampes de 10 bougies.

Les tableaux ci-après montrent le mouvement des polices comparé en 1903 et 1904 :

Polices signées :

	1903.	1904.
Nombre :		
Des polices signées	862	873
— résiliées.	301	339
— signées au 31 décembre	561	534
Capacité en hectowatts :		
Des polices signées	17 505	16 418
— résiliées.	6 300	6 526
— signées au 31 décembre	11 205	9 892
Capacité en lampes de 10 bougies :		
Des polices signées	43 763	41 045
— résiliées.	15 756	16 314
— signées au 31 décembre	28 007	24 729

Polices en service :

	1903.	1904.
Nombre de polices mises en service pendant l'exercice.	584	514
Capacité en hectowatts	10 796	8 950
Capacité en lampes de 10 bougies	26 991	22 477

Le tableau suivant donne le détail des polices en service suivant les diverses catégories d'abonnés :

ÉTABLISSEMENTS.	1903. NOMBRE DE POLICES.	1903. CAPACITÉ EN LAMPES DE 10 BOUGIES.	1904. NOMBRE DE POLICES.	1904. CAPACITÉ EN LAMPES DE 10 BOUGIES.
Immeubles privés :				
Immeubles.	511	20 343	565	21 728
Moteurs ascenseurs.	11	8 735	11	10 265
Hôtels particuliers	156	17 581	150	18 494
Ambassades	3	2 821	4	3 371
Appartements	2376	84 161	2780	96 491
Immeubles commerciaux :				
Bureaux	132	5 974	135	6 209
Boutiques, magasins	652	31 744	676	32 865
Ateliers	199	15 319	206	16 345
Moteurs	34	16 892	38	18 922
Restaurants, etc. :				
Restaurants	31	2 485	35	2 685
Cafés.	94	7 466	88	7 812
Théâtres et concerts	17	8 122	16	8 097
Cercles.	10	2 097	10	2 097
Établissements privés :				
Hôpitaux privés	5	1 202	6	1 275
Écoles privées	17	3 161	17	3 211
Établissements religieux . .	16	3 466	15	3 708
Halle aux vins	94	1 632	95	1 747
Abattoirs rive gauche.	32	332	34	591
Établissements de l'État . . .	28	36 356	30	36 987
Établissements du département	6	4 585	6	4 585
Établissements de la ville de Paris.	25	6 821	25	6 821
Assistance publique.	13	3 139	16	3 895
Banlieue.	11	1 549	13	2 357
Divers	7	3 105	7	831
TOTAUX	4460	289 106	4974	311 583

Au point de vue commercial, nous avons eu à lutter, dans le courant de cet exercice, contre les mêmes difficultés que pendant l'exercice précédent. Nous nous trouvons en présence d'une concurrence, rompue arbitrairement et artificiellement à notre désavantage par un abaissement de 35 pour 100 du prix du gaz, réalisé depuis deux ans par la Ville de Paris de la façon que vous connaissez : c'est-à-dire en remboursant à la Compagnie du Gaz la totalité de l'abaissement consenti. Lutter et même augmenter le nombre des lampes en service dans de pareilles conditions est la démonstration la plus évidente de l'avenir réservé à l'industrie électrique lorsqu'elle sera dans des conditions normales.

Compte d'exploitation. — Nous passons maintenant à l'examen des comptes généraux des recettes et des dépenses pour arriver ensuite à l'étude du bilan lui-même.

Le compte d'Exploitation présente les résultats suivants :

	1903.		1904.	
	Francs.		Francs.	
Recettes.				
Vente de courant. . .	2 852 050,29	3 168 014,11	3 050 770,52	3 395 027,57
Location de compteurs et de branchements.	283 905,09		308 493,31	
Recettes diverses. . .	32 060,73		37 763,74	
Dépenses.				
Exploitation de l'usine	972 537,63	1 649 638,35	961 289,46	1 646 162,04
Distribution du courant.	245 467,46		244 796,04	
Frais généraux et redevances à la Ville.	431 613,26		440 076,54	
Laissant comme produit net de l'exploitation		1 518 375,76		1 748 865,53

Le tableau suivant présente les recettes pour vente de courant suivant les diverses catégories d'abonnés :

Abonnés.	1903.	1904.
Immeubles privés.	812 640,51	922 724,06
Immeubles commerciaux.	834 893,04	892 930,11
Cafés, théâtres et cercles	387 562,85	382 605,05
Établissements privés.	57 396,16	56 013,18
Halle aux vins et abattoirs rive gauche.	29 952,25	29 641,45
Établissements de l'État.	201 626,32	215 722,32
— du département	77 769,10	94 505,38
— de la ville de Paris. . .	329 709,45	345 657,74
Banlieue	34 366,98	38 705,68
Divers.	56 133,65	72 259,55
Total des recettes.	2 852 050,29	3 050 770,52

Ainsi, malgré une production supplémentaire qui se chiffre par une augmentation de 198 720,23 fr de recettes pour vente de courant, non seulement nous n'avons pas augmenté nos dépenses d'exploitation sur l'exercice précédent, mais nous les avons diminuées de 3476,31 fr.

Ce chiffre se décompose comme suit :

Diminution sur les dépenses de production du courant	11 268,17 fr.
Diminution sur les dépenses de distribution du courant.	671,42
Augmentation sur les frais généraux et redevances.	8 463,28

Cette dernière augmentation se fût également traduite par une diminution, si un litige déjà ancien, survenu entre notre Société et la Compagnie de travaux d'Éclairage et de Force, au sujet de l'interprétation de notre traité, n'avait été solutionné en notre défaveur par un arbitrage qui nous a coûté 15 000 fr.

COMPTE DE RÉSULTAT

Ce compte s'établit ainsi qu'il suit :

Produit de l'exploitation.		1 748 865,53 fr.
Intérêts et escomptes.		23 975,85
Total		1 772 841,38
A déduire :		
Intérêts payés aux obligataires	532 662,50	
Différence sur le prix d'émission des obligations remboursées	51 100,00	
Prime de remboursement	4 725,00	
		588 487,50
Bénéfice net de l'exercice		1 184 353,88 fr

En outre, nous avons amorti, au courant de l'exercice, 873 obligations, suivant le tableau d'amortissement, pour une somme de 436 500 fr.

Nous n'avons pas d'observation particulière à faire au sujet du compte Résultat.

BILAN. — Nous abordons maintenant l'étude du bilan.

ACTIF. — *Actif disponible.* — En caisse au 31 décembre 1904, 7 003,85 fr.

Le compte Banquiers est de. . . . . 556 068,08 fr.

Se répartissant ainsi qu'il suit :

Banque de France	52 456,16
Société générale	114 585,28
Société de reports et dépôts.	354 972,35
Crédit mobilier français	27 862,99
Banque Leroy-Dupré et C[ie]	6 191,30

Le compte Abonnés représentant les quittances restant dues au 31 décembre est de 535 556,02 fr; sur cette somme, 298 639,47 fr étaient dus par des administrations publiques.

Actif réalisable. — Les obligations attachées à la souche et les 50 actions du Secteur provenant du gage de Colombier, restent aux mêmes chiffres que dans le bilan précédent.

Les débiteurs divers figurent pour un chiffre de 12 558,64 fr, au lieu de 7 298,38 fr en 1903.

Actif réalisable à long terme. — Les cautionnements fournis par la Compagnie s'élèvent à 304 612,65 fr.

Actif en magasin. — Les marchandises en magasin et approvisionnements, qui s'élevaient en 1903 à 552 658,38 fr, sont de 462 508,93 fr.

Sur ce chiffre la houille entre pour.	92 583,23 fr.
Les transformateurs pour	196 903,70
Câbles, regards et pièces pour les canalisations .	83 684,50

Actif immobilisé restant la propriété de la Compagnie. — Le mobilier des bureaux a passé de 37 031,35 fr à 40 561,65 fr.

Les terrains sont restés au chiffre de 440 766,10, qui se décompose ainsi :

Terrain d'Issy	290 088,58 fr.
Terrain d'Ivry	150 677,52

Ce dernier terrain, d'une superficie de 7 902 m², est toujours disponible.

L'usine centrale d'Issy figure au bilan pour 7 226 543,33 fr, en augmentation de 311 044,70 fr.

Cette augmentation se décompose ainsi qu'il suit :

Transformation des alternateurs Creusot	251 682,75 fr.
Installation d'une chaudière Niclausse	36 187,05
— d'une pompe alimentaire.	4 315,00
— de wattmètres au tableau	3 000,00
Travaux de clôture et de pavage	5 786,35
Construction d'un bâtiment	6 595,07
Divers.	23 478,48

Les branchements et colonnes montantes sont en diminution de 18 394,30 fr, par suite des ventes opérées en 1904. Ce chiffre représente la balance du compte, bien que nous ayons immobilisé de ce chef.

Le tableau suivant donne par comparaison avec l'année dernière les chiffres des chapitres représentant les travaux d'installations effectués :

	1903.	1904.	AUGMENTATIONS.	DIMINUTIONS.
	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.
Usine d'Issy.	6 915 498,65	7 226 543,33	311 044,70	»
Branchements et colonnes montantes. .	882 195,26	863 800,96	»	18 394,30
Transformateurs et compteurs. . . .	2 035 732,45	2 133 319,25	97 586,80	»
Installations diverses.	241 302,14	254 857,07	13 554,93	»
Concession de Bercy .	119 341,13	121 578,41	2 237,28	»

Actif immobilisé revenant à la Ville. — Le chiffre des canalisations passe de 6 159 201,78 fr à 6 410 293,53 fr.

L'augmentation de 251 091,75 fr provient pour la plus

grande partie, ainsi que nous vous l'avons dit plus haut, de la pose d'un feeder indispensable à notre exploitation. En faisant ce sacrifice, nous avons montré à la Ville de Paris que nous avons fait prévaloir l'intérêt public sur le nôtre particulier.

Nous faisons figurer sous cette rubrique : Actif immobilisé revenant à la Ville les canalisations qui sont susceptibles, aux termes de l'article 22 du cahier des charges, d'être reprises par la Ville de Paris, « à moins que celle-ci ne préfère qu'elles soient enlevées.... »

Nous ferons remarquer aussi que nous avons porté à ce chapitre toutes nos canalisations, bien qu'une partie, se trouvant hors Paris, échappe aux conditions de l'article 22.

Comptes d'ordre. — La partie de l'impôt due au 31 décembre 1904 sur le coupon d'obligations à l'échéance du 1er avril 1905, figure pour 8 899,64 fr, les loyers payés d'avance pour 11 364,10 fr; l'assurance contre l'incendie pour 7 389,97 fr, les timbres des polices et quittances pour 1 080,10 fr.

Enfin, le compte de la Société des Téléphones s'élève à 6 365,65 fr. représentant le premier tiers versé sur une commande de câbles concentriques.

Comptes à amortir. — Les comptes à amortir ont passé de 3 113 123,46 fr à 3 057 298,46 fr.

La diminution, s'élevant à 55 825 fr, représente le montant des primes de remboursement et de la différence sur le prix des obligations correspondant au nombre de ces titres amortis en 1904.

Le compte Différence sur le prix des obligations se trouve donc ramené à 1 180 737,50 fr, et le compte Prime de remboursement des obligations à 85 222,50 fr.

Le compte de Premier Établissement reste à 1 791 338,46 fr. Nous nous sommes déjà expliqués sur ce compte, qui n'a aucune contre-partie de valeur réelle.

PASSIF. — *Passif exigible à court terme.* — Les coupons d'actions et d'obligations restant à payer et obligations restant à rembourser ne comportent pas d'observation.

Les effets à payer montent à 37 535,35 fr, dont la plus grosse partie provient de deux effets de 37 264 fr dus à la Société des Téléphones, pour fourniture de câbles, payables les 31 janvier et 28 février 1905.

Les créanciers divers s'élèvent à 285 926,93 fr, contre 237 082,18 fr en 1903.

Les chiffres principaux sont :

L'Administration de l'Enregistrement et du Timbre, pour	11 658,77 fr
La Ville de Paris, pour	90 552,65
La Compagnie des mines d'Anzin, pour	25 870,00
La Société L'Éclairage électrique, pour	42 535,65
La Société anonyme Westinghouse, pour	32 313,35

Passif exigible à long terme. — Les cautionnements des abonnés ont passé de 376 250,95 fr à 407 201,45 fr.

Passif de la Société envers les tiers. — Le capital obligations passe de 10 912 500 fr à 10 476 000 fr par suite du remboursement à 500 fr de 873 obligations conformément au tableau d'amortissement des émissions.

Le capital social reste à 9 millions.

La réserve légale passe de 26 846,25 fr à 28 188,54 fr par le jeu des intérêts produits par les sommes prélevées, conformément à l'article 50 des statuts.

Compte de résultat :

Le bénéfice de l'exercice est de	1 184 353,88 fr.
Auquel il convient d'ajouter les bénéfices reportés de 1902	116 700,87
Et de 1903	951 727,69
Formant un total de	2 252 782,45 fr.

Nous vous demanderons de reporter cette année encore le bénéfice obtenu. Il nous eût été malheureusement facile de trouver dans les postes de l'actif les amortissements correspondants : outre les 1 791 338,46 fr, du compte premier établissement, sur lesquels nous nous sommes longuement étendus l'année dernière, nous ne pouvons pas oublier notre canalisation, qui reviendrait à la Ville en fin de concession, et aussi les amortissements nécessaires sur les sommes immobilisées à l'Usine. Votre Conseil a estimé que cette question des amortissements viendrait bien plus utilement à son heure, lorsqu'un régime nouveau nous permettra le remaniement de notre bilan et sa mise en concordance avec la situation réelle. Plus les sommes réservées et figurant au passif seront élevées, moins nous aurons de sacrifices à demander aux postes de l'actif; c'est l'intérêt bien entendu des actionnaires qui a guidé notre manière d'agir.

Il nous eût été plus agréable encore de vous proposer la distribution d'un dividende bien acquis par des bénéfices industriels et bien légitime. Ce qui ne nous le permet pas, c'est non seulement le souci de notre dette obligataire, mais aussi l'intérêt primordial qu'il y a pour les actionnaires à avoir une forte situation de trésorerie : nous devons, en effet, envisager l'époque à laquelle l'exécution des travaux neufs, qui ne peuvent pas manquer de se produire lors d'un régime nouveau, nous créera des besoins d'immobilisations pour lesquelles il nous faudra des ressources considérables.

Telles sont les réflexions mûrement étudiées qui ont guidé votre Conseil; nous espérons que vous les approuverez, Messieurs, et que vous estimerez avec nous que le bilan, tel que nous vous le présentons, ne peut que consolider votre propre situation.

Comme nous vous le disions l'année dernière, l'avenir de la Société reste dans la prolongation de concession. Nous espérions pouvoir vous apporter une solution à votre réunion annuelle; il n'a pas dépendu de nos efforts qu'il en fût ainsi. La question dominante, qui est celle du principe de la régie du gaz et son application éventuelle à l'électricité, n'a pas été encore votée par les pouvoirs publics. Vous avez suivi les discussions auxquelles cette importante question a donné lieu au Parlement; dès qu'elle sera réglée, et elle ne saurait plus tarder à l'être, la parole sera au Conseil municipal de Paris. Quelle que soit la solution qu'adopte ce dernier, la Ville de Paris sait qu'elle ne trouvera auprès de nous ni force d'inertie, ni obstruction, ni mauvaise volonté, que nos intérêts bien entendus sont les siens, et nous ne doutons pas qu'une solution n'intervienne conforme au bien public. Notre situation est particulièrement intéressante et les sacrifices que vous avez faits pour subvenir à un grand service public méritent récompense. Vous pouvez compter, Messieurs, sur tous nos efforts dévoués.

Au cours de l'exercice, nous avons perdu l'un de nos Administrateurs, M. Moïse, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ingénieur en chef honoraire de la Compagnie de l'Ouest. Vous vous associerez, Messieurs, aux regrets que nous a laissés la perte de cet ingénieur éminent et de cet Administrateur éclairé.

La marche de nos services a été régulière et n'a même pas été troublée par des incidents récents; nous n'avons rien négligé pour améliorer le sort de nos collaborateurs, autant que les circonstances nous le permettaient; nous continuerons dans cette voie, et nous voulons rendre hommage au zèle et au dévouement de notre personnel ouvrier et de nos collaborateurs de tout ordre. Vous vous associerez aux remerciements que nous désirons leur adresser.

RAPPORT DES COMMISSAIRES DES COMPTES. — Votre Assemblée du 28 mars 1904 nous ayant commis à l'examen des écritures de notre Société pour l'année 1904, nous venons vous rendre compte du mandat dont vous avez bien voulu nous honorer.

Nous vous parlerons seulement de quelques chiffres importants qui attirent plus spécialement l'attention.

Bilan. — Actif. — *Banquiers.* — Augmentation de 360 782,89 fr sur l'exercice 1903, provenant surtout d'un dépôt de 354 972,35 fr que nous avons à la Société de Reports et de Dépôts.

Approvisionnements. — Nous remarquons une diminution de 87 317,24 sur le stock de charbon; c'est la conséquence de la difficulté où l'on a été de charger les bateaux lors des grèves des mariniers.

Usine. — Augmentation de 311 044,70 fr, justifiée par diverses installations nécessitées par la progression des abonnements; nous y voyons, notamment :

Une chaudière Niclausse	26 000 fr.
Cinq alternateurs Westinghouse	108 625
Cinq excitatrices Westinghouse	12 550
Quatre alternateurs Compagnie Éclairage électrique	88 000

Canalisation. — Augmentation de 251 091,75 fr, due principalement à l'installation d'un câble de 5 084 m. allant de la rue Dupleix au 84, boulevard Saint-Germain, dans le but de renforcer une canalisation devenue insuffisante.

Passif. — *Effets à payer.* — Augmentation de 35 065,72 fr, relative à nos achats de câbles.

Créanciers. — Augmentation de 48 844,75, conséquence de nos achats de matériel pour l'usine.

Compte d'exploitation. — Dépenses. — *Redevances à la Ville.* — La diminution de 16 999,90 fr, sur 1903 n'est qu'apparente, car cet exercice a été grevé d'un rappel de 27 333,38 fr sur les produits des établissements de l'État et du département.

Compte de résultat.

Le bénéfice de l'exercice 1904 est de	1 184 353,88 fr.
Soit 252626.18 fr de plus qu'en 1903.	
Vous le savez, au 31 décembre 1902, nous avions un bénéfice de	116 700,87
Celui de l'exercice 1903 a été de	951 727,70
Total	2 252 782,45 fr.

dont vous aurez à déterminer l'affectation.

Notre travail nous ayant convaincus de la clarté et de la régularité de la tenue des livres, nous avons l'honneur de vous proposer de donner votre approbation au bilan et aux comptes qui vous sont soumis.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1904

Actif.

Actif disponible :		
Caisse	7 003,83	
Banquiers	536 068.08	
Abonnés	555 556,02	
		1 098 627,93 fr.
Actif réalisable :		
Obligations à la souche	41 000,00	
Portefeuille titres	5 000.00	
Débiteurs divers	12 558.64	
		58 558,64
Actif réalisable à long terme :		
Cautionnements à la ville		304 612,63
Actif en magasin :		
Approvisionnements		162 508,93
Actif immobilisé restant la propriété de la Compagnie :		
Mobilier des bureaux	40 561,63	
Terrains	440 765.10	
Usine	7 226 545.55	
Branchements et colonnes montantes	865 800,96	
Transformateurs et compteurs	2 135 519,25	
Installations et matériel divers	254 857,07	
Concession de Bercy	121 578,41	
		11 081 126,75
Actif immobilisé revenant à la ville :		
Canalisation		6 410 295.53
A reporter		19 416 023,45 fr.

Report		19 416 028,45 fr.
Comptes d'ordre :		
Partie de l'impôt du coupon d'obligations 1905	8 899.64	
Loyers d'avance	11 364,10	
Assurance incendie	7 589,97	
Timbre des polices et quittances	1 080,10	
Société industrielle des téléphones, 1er tiers	6 365,65	
		35 099,46
Comptes à amortir :		
Différence sur le prix des obligations	1 180 737,50	
Prime de remboursement des obligations	85 222,50	
Compte de premier établissement	1 791 338,46	
		3 057 298,46
Total		22 508 426,55 fr.

Passif.

Passif exigible à court terme :		
Coupons d'actions restant à payer	5 421,58	
Coupons d'obligations restant à payer	22 874,25	
Obligations restant à rembourser	12 495,80	
Effets à payer	37 535,35	
Créanciers et fournisseurs divers	285 926,93	
		364 253,91 fr.
Passif exigible à long terme :		
Abonnés. Avances sur consommation		407 201,45
Passif de la Société envers les tiers :		
Obligations		10 476 000.00
Passif de la Société envers elle :		
Actions		9 000 000,00
Compte de réserve :		
Réserve légale		28 188,54
Compte de résultats :		
Bénéfice au 31 décembre 1902	116 700,87	
Bénéfice de l'exercice 1903	951 727,70	
Bénéfice de l'exercice 1904	1 184 353,88	
		2 252 782,45
Total		22 508 426,55 fr.

Résolutions. — *Première résolution.* — L'Assemblée générale, après avoir entendu le rapport du Conseil d'administration et le rapport des Commissaires des comptes, approuve le rapport, le bilan et les comptes de l'exercice 1904, tels qu'ils sont présentés par le Conseil d'administration, et décide de reporter à nouveau le montant du compte de résultats.

Deuxième résolution. — L'Assemblée générale donne à ceux des administrateurs de la Compagnie, qui font partie de l'Administration d'autres Sociétés, les autorisations prévues par l'article 40 de la loi de 1867 et l'article 23 des statuts, à raison des affaires qui pourraient être traitées par la Compagnie avec ces Sociétés.

Troisième résolution. — L'Assemblée générale nomme MM. André et de Moras, Commissaires des comptes pour l'exercice 1905, chargés ensemble ou l'un d'eux seul, en cas d'empêchement de l'autre, de faire un rapport à l'Assemblée générale ordinaire de 1906 sur le bilan et les comptes de l'exercice 1905 et fixe l'allocation de chacun d'eux à 1000 fr.

Quatrième résolution. — L'Assemblée générale, après avoir entendu les explications fournies par son Président sur le litige soulevé par M. Leroy-Dupré, ancien administrateur, ainsi que la lecture du jugement du Tribunal de commerce, du 25 janvier 1905, le déboutant de la demande formée par lui contre la Compagnie, approuve ces explications et confirme en tant que de besoin, avec toutes ses conséquences, l'interprétation donnée par le jugement du Tribunal de commerce à la 2e Résolution de l'Assemblée générale du 28 mars 1904.

L'Éditeur-Gérant : A. Lahure.

54888 — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

14e Année. — N° 320 25 Avril 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Le palmarès officiel de l'Exposition de Saint-Louis. — La liquidation de cette malheureuse Exposition aura été la plus décourageante et la plus difficile dans l'histoire des grandes kermesses internationales. Mais les mécomptes les plus graves sont loin d'atteindre en gravité les faits que signale aux États-Unis la Commission nationale chargée d'examiner la gestion de l'Exposition. Elle indique un grand nombre de récompenses comme entachées d'irrégularité et de corruption. Elle refuse en conséquence de les sanctionner et retarde ainsi l'apparition du palmarès, qu'on n'ose plus espérer maintenant avant le mois de juillet. C'est d'ailleurs à la date du 1er juillet qu'expire le mandat de la Commission nationale. La Commission signale aussi que l'entreprise de démolition de l'Exposition a été concédée presque sans publicité, et à un prix beaucoup trop faible : 500 000 dollars environ, au lieu de 2 millions qu'elle estime raisonnable. Si l'opinion la plus modérée répugne à accuser de corruption la Compagnie de l'Exposition, elle signale du moins beaucoup d'actes d'indélicatesse et de mauvais goût, qui laisseront dans la mémoire des intéressés le plus déplorable souvenir.

Un nouvel indicateur de phase. — Cet appareil, remarquable par sa simplicité, est dû à M. G. Watmough, et est spécialement applicable aux courants polyphasés. Il est constitué, en principe, par un stator à enroulement triphasé traversé par le courant principal et produisant un champ tournant dans lequel est placé un *rotor* monté en dérivation sur les bornes du circuit et produisant également un autre champ tournant dans le même sens et avec la même vitesse angulaire. Il en résulte que le stator et le rotor sont immobiles l'un par rapport à l'autre et se maintiennent dans une position relative qui ne dépend que du déphasage du courant principal sur la tension. Si on a pris soin de graduer préalablement l'appareil, soit théoriquement, soit par expérience, on voit que le déplacement angulaire du rotor par rapport au stator est fonction du déphasage ; l'appareil permet donc de déterminer ce déphasage par une simple lecture directe, et constitue ainsi un véritable *phasemètre,* au sens rigoureux et absolu du mot. On peut considérer cet appareil comme une application nouvelle de l'indicateur de synchronisme de M. Edgcumbe décrit ici même il y a quelques années.

Utilisation de l'azote atmosphérique à la fabrication des azotates. — Le nouveau procédé de MM. C. Birkeland et

S. Eyde, de Christiania, dérive des travaux antérieurs de Priestley et Cavendish, Bradley et Lovejoy, de Kowalski et Moscicki, etc., sur la production électrique des composés nitrés. On sait que l'arc électrique subit, dans un champ magnétique, une déviation perpendiculaire à sa direction. Les inventeurs ont tiré parti de ce fait pour obtenir en four électrique des milliers d'étincelles électriques dans l'espace d'une minute. L'air s'y charge de 2 à 3 pour 100 de bioxyde d'azote qu'il est facile de transformer en peroxyde, et par conséquent en azotate. Ce four pourrait produire 900 kg d'acide nitrique par kilowatt-an. Dans une discussion qui a eu lieu au dernier Congrès international d'électricité à l'Exposition de Saint-Louis, le Dr E.-F. Roeber, de New-York, a suggéré d'employer, pour produire l'arc et ses ruptures, un courant continu et un champ magnétique tournant, de façon à produire les arcs avec une sphère au lieu d'un disque, ce qui augmenterait évidemment les contacts avec l'air, et la production.

Grave accident au Niagara. — Le *Western Electrician*, de Chicago, publie le récit suivant d'un accident grave survenu à l'usine du Niagara le 23 février.

Trois employés de la Compagnie devaient changer les connexions entre un transformateur d'éclairage et un transformateur réducteur de tension sous 2300 volts. Ces connexions sont disposées dans une chambre placée sous le tableau de distribution de l'usine. Par suite probablement d'une erreur de connexion, l'isolant des conducteurs prit feu et le feu se propagea bientôt sous le tableau de distribution. Les extincteurs chimiques ne donnèrent aucun résultat, ni dans les mains des employés de la Compagnie, ni dans celles des pompiers, qui durent se décider à immerger les câbles. Tout le réseau de câbles des appareils et des rhéostats d'excitation fut détruit et 5 groupes électrogènes de 3600 kw mis hors service.

L'interruption dans le service de la ligne de transport d'énergie dura 20 minutes, et l'interruption dans le service local de traction 1 h 50 m.

En quelques heures la Compagnie transféra la charge des 5 génératrices sur d'autres machines et put assurer à nouveau le service régulier.

L'enquête immédiate à laquelle il fut procédé conclut à une erreur de connexion de la part des électriciens.

Deux hommes sur trois sont morts et le troisième très grièvement brûlé.

Automobiles pour le service d'incendie. — *L'Elektrotechnische Zeitschrift* du 30 mars reproduit un rapport de M. Reichel, directeur du service d'incendie de la ville de Hanovre, auquel nous empruntons les renseignements suivants :

Au 19 février de cette année, deux automobiles électriques étaient en service depuis trois ans, pour le service d'incendie de la ville de Hanovre.

Les dépenses relatives à ces automobiles se sont élevées à :

	1902-1903.	1903-1904.	1904-1905.
Réparations aux moteurs. . . .	19,81	22,65	455,69
Réparations aux combinateurs .	26,44	»	»
Réparations aux bandages élastiques.	223,25	260,00	102,50
Réparations aux châssis.	»	49,58	»
Dépense de courant pour la charge régulière.	855,77	769,38	650,12
Dépense de courant pour essais et pour formation de plaques.	205,25	94,37	220,52
Frais d'entretien des batteries .	115,25	19,81	917,88
Dépenses de graissage, etc.. . .	28,12	35,00	26,87
	1 474,89	1 250,57	2 371,58

Les deux véhicules ont parcouru en tout, la première année 3795 km, la seconde 3113 km et la troisième année 3275 km, le prix de revient par km a donc été respectivement de 39,22, 40,16 et 72,44 centimes ou en moyenne de 50,61 centimes pendant trois années, contre 295,17 centimes pour des voitures à chevaux, pour chacune desquelles on aurait dû dépenser annuellement 5000 fr.

Le service possède en outre depuis la même époque, une pompe électrique, les frais pour cette dernière se sont élevés respectivement à 933,60 fr, 638,85 fr et 1828,25 fr pour chacune des années de service. Le total des frais pour les deux voitures et la pompe se sont donc élevés en 1902-1903 à 2 408,50 fr, en 1903-1904 à 1 885,41 fr, en 1904-1905 à 4 198,94 fr.

A Hanovre les frais d'entretien pour un train complet d'incendie, c'est-à-dire deux voitures et une pompe, se seraient élevés à environ 15 000 fr. par an ; l'on a donc réalisé pendant ces trois années une économie de 36 507 fr.

Les prix d'achat de l'un des deux automobiles a été de 19 125 fr, celui de l'autre 13 250 fr et celui de la pompe de 20 625 fr, ensemble 53 000 fr.

Les frais de réparation et d'entretien ont été plus élevés pendant la troisième année que pendant les deux autres, car, d'une part, on a dû renouveler les induits de quelques moteurs qui avaient souffert de l'humidité et remplacer les plaques positives des batteries, et en outre, par suite d'un accident lors d'un exercice, on a dû faire pour 1 341,88 fr de réparations à la pompe. En ce moment les plaques négatives des batteries sont encore en bon état.

A l'exception de l'accident signalé il ne s'est rien produit d'extraordinaire pendant la troisième année d'exploitation.

Les chutes de Victoria. — A l'assemblée générale de l' « African Concession Syndicate », le président a donné d'intéressants renseignements sur les chutes de Victoria. La puissance totale des chutes en hautes eaux est de 26 millions de poncelets, c'est-à-dire à peu près égale à celle des chutes du Niagara. Les ingénieurs du Syndicat ont calculé que les frais d'installation pour l'utilisation d'une puissance de 750 poncelets coûterait approximativement 50 000 £ (1 250 000 fr).

Consommation d'énergie des tramways de Berlin. — La consommation s'est élevée en 1904 à 44,5 millions de kw-h, contre environ 41 400 000 en 1903 ; il y a donc un accroissement de 8 pour 100. L'énergie consommée par le chemin de fer aérien et par le chemin de fer souterrain n'entre pas en ligne, l'énergie étant produite dans une centrale spéciale. Si, depuis trois ans, la consommation d'énergie pour les tramways n'a pas considérablement augmenté, elle n'en représente pas moins à peu près la moitié de la consommation totale à l'intérieur de Berlin, qui a été d'environ 97 millions de kw-h en 1904. L'accroissement de la consommation d'énergie fournie aux moteurs a été considérable pendant ces dernières années ; elle a été annuellement de 20 à 30 pour 100. Tandis qu'en 1903, la consommation pour cette utilisation a été de 18,5 millions de kw h, on a consommé en 1904, ainsi qu'il a été prévu, 4 millions de kw-h environ de plus. On compte que l'an prochain, la consommation s'élèvera à 27 millions de kw-h.

Essais de la station centrale de la mine de Dahlbusch. — La *Zeitschrift für Elektrotechnik* du 9 avril donne des renseignements sur les essais entrepris lors de la réception de cette installation. L'usine centrale comporte une batterie de 5 chaudières du système Thomson, la pression de la vapeur est de 12,4 kg par cm² et la surface de chauffe de l'ensemble est de 1250 m². Ces chaudières sont chauffées par le gaz provenant de 60 fours à coke ; il y a en outre une installation de surchauffe, où l'on brûle actuellement du charbon, mais qui sera prochainement installée pour être chauffée au gaz.

Dans la salle des machines est installé un groupe turbo-alternateur triphasé Brown-Boveri-Parsons, d'une puissance de 900 kw, et un groupe de secours de 325 kw, commandé par une machine à vapeur.

Des barres générales de l'usine, le courant est amené à deux transformateurs, l'un abaissant la tension à 500 v pour le service des moteurs, l'autre à 120 v pour le service de l'éclairage.

La turbine à vapeur actionne directement une génératrice triphasée, dont la tension est de 2000 v et la fréquence 50, donnant pour un facteur de puissance égal à 0,80, une puissance de 900 kw. La turbine actionne également directement une excitatrice de 110 v et 105 A. La vitesse angulaire est de 1500 t : m. La turbine est munie d'un condenseur à surface avec pompes mues par moteurs électriques; le vide obtenu à diverses charges varie entre 86 et 93 pour 100.

La dépense de vapeur a été moindre que celle garantie. Dans ces essais, on a mesuré la quantité de vapeur de deux façons : 1° en jaugeant l'eau d'alimentation et l'eau de primage; 2° en mesurant l'eau au condenseur; on a trouvé, en mesurant l'eau d'alimentation, seulement 2,8 pour 100 en plus que lors du jaugeage au condenseur; cette différence est très faible, on admet ordinairement que la différence dépasse 4 pour 100.

La variation de la vitesse entre la pleine charge et le fonctionnement à vide est de 1,5 pour 100; la variation de tension, de 14 pour 100.

La condensation est actionnée au moyen de 2 électromoteurs à 500 v; l'un de 11 kilowatts à 600 tours par minute commande, par l'intermédiaire d'une courroie, la pompe à air; l'autre, de 45 kilowatts et de même vitesse angulaire, commande la pompe centrifuge.

Les moteurs de la condensation, y compris les pertes dans le transformateur abaisseur de tension, absorbent les puissances suivantes en fonction de la charge :

Pour une charge de	1	0,75	0,5	0,25	0
Puissance électrique, en kw.	49,5	46,5	44,7	44,0	43,5

La mine possède en outre un ventilateur de 4 m de diamètre relié par un manchon Zodel à un moteur triphasé de 360 kilowatts à la tension de 2000 v. Au moyen d'une résistance de réglage, on peut obtenir 10 vitesses différentes entre 175 et 243 tours par minute. Les essais du ventilateur ont porté sur sa consommation, sa vitesse et le débit de l'air mis en mouvement. La dépression a varié de 139 à 266 mm, suivant la vitesse, et l'air déplacé, de 5650 à 7410 m³ par minute.

L'exhaure est assuré par une pompe à simple effet et double piston plongeur, installée à une profondeur d'environ 640 m; cette pompe peut élever, à la vitesse de 125 tours par minute, 1 m³ d'eau par minute à la hauteur de 700 m. Cette pompe est actionnée par un moteur triphasé de 185 kilowatts à 2000 v. Le rendement de l'exhaure mesuré aux barres générales de la centrale atteint 80 pour 100.

Incendie d'une station centrale à Mexico. — Ainsi que l'écrit un correspondant à l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, un incendie a éclaté le 4 février dans la station centrale de la *Light and Power C°*, à Mexico. Les causes de cet incendie sont encore inconnues; l'ancien tableau ainsi qu'un nouveau furent complètement détruits. Le toit de l'usine fut complètement détérioré et tomba sur les machines. Seule la salle des chaudières resta intacte. Des 6 dynamos triphasées à 1500 volts, 5 furent endommagées et toutes furent mouillées.

Les conducteurs reliant les dynamos au tableau furent brûlés ainsi que les bobines à réaction servant lors du couplage en parallèle des alternateurs.

Déjà, dans la nuit du 4 au 5 février, on prit des dispositions pour assurer l'éclairage des 1200 lampes à arc destinées à l'éclairage public; à cet effet, la Société française mit à la disposition de sa concurrente tout son matériel disponible. Les stations centrales des deux Sociétés sont distantes l'une de l'autre d'environ 4 km; on établit des lignes provisoires et le 5 février au soir on put assurer l'éclairage public. Le 6 février une machine fut mise en service dans la station centrale incendiée et desservit une partie du réseau des particuliers. Le soir du 7 février toutes les autres machines étaient en marche et le service assuré, chaque groupe desservant une partie du réseau.

Le 12 février on mit en service un tableau provisoire, ce qui permit de coupler les alternateurs en parallèle et, à partir de ce moment, la station fonctionna régulièrement. Toutes les réparations aux machines à vapeur, le rebobinage des dynamos et des bobines à réaction, la pose des nouveaux câbles furent assurés par le personnel de l'usine sans aide étrangère.

Un transport d'énergie électrique aux Indes. — L'*Electrical Rewiev* de Londres donne les renseignements suivants au sujet de ce transport d'énergie. Il est installé pour une fabrique à Wellington, dans la province de Madras, distante de 6 km environ de la chute de Karteri. Au moyen d'une digue on a obtenu un réservoir d'une contenance de 200 000 m³, qui reçoit les eaux qui tombent dans un bassin de 25 km² environ. Pendant les périodes de très basses eaux, périodes qui ne se sont pas reproduites depuis 1877, le débit est de 5 m³ : s, il est de 12 m³ environ en eaux moyennes. La chute est d'environ 190 m. L'eau est amené aux turbines par deux conduites en acier de 60 cm de diamètre dont les parois ont une épaisseur variant de 4,8 à 11,8 mm.

L'usine hydraulique contient 6 turbines Girard dont 4 ont une puissance de 172 poncelets à 400 t : m; elles commandent chacune un alternateur triphasé de 125 kw à 12 pôles et 5000 volts de tension composée. Les deux autres turbines ont chacune une puissance de 28 poncelets à 800 t : m et actionnent les excitatrices.

La ligne à haute tension traverse une contrée humide et montagneuse, elle est montée sur des traverses en bois portées par des poteaux métalliques espacés de 5 m environ. Les fils sont disposés au sommet d'un triangle équilatéral ayant 1 m de côté.

Dans la fabrique sont installés 4 transformateurs de 120 kw chacun, abaissant la tension à 380 v; dans le conducteur neutre secondaire est installée une bobine à réaction qui permet de régler la tension.

Un brevet original. — Quand un fil isolé est tendu à l'air libre, et parcouru par un courant, il s'y dépose une énorme quantité de poussière. Ainsi que l'indique M. le Dr Hiecke de Vienne, ce phénomène peut être attribué à une charge statique due à la différence de potentiel entre le conducteur et la terre et il suffit de mettre à la terre de place en place la partie extérieure de l'isolant du conducteur pour faire disparaître l'inconvénient. M. Hiecke a pris un brevet à ce sujet. Le moyen le plus pratique de mettre l'isolant à la terre de place en place est de mélanger aux tresses et aux fils isolants un fil métallique que l'on met à la terre, il suffit d'une seule terre pour les installations de faible importance. Afin d'éviter un court-circuit dangereux en cas de rupture de l'isolement, on intercale une résistance de 3000 à 5000 ohms entre le fil métallique et la terre. D'après M. Hiecke, partout où ce dispositif a été installé on en a obtenu d'excellents résultats.

— Par décret en date du 18 avril 1905, rendu sur la proposition du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, M. Estaunié (Louis-Marie-Édouard), ingénieur en chef de 2e classe des postes et des télégraphes, chargé de la direction de l'école professionnelle supérieure des postes et des télégraphes, est chargé des fonctions de directeur du matériel et de la construction au ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, en remplacement de M. Darcq, admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à une pension de retraite.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Cournonterral (Hérault). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal de cette ville s'est réuni en séance officieuse tout dernièrement, sous la présidence du maire, pour s'occuper de l'éclairage public de la commune.

On sait que cette question est depuis longtemps à l'étude et que divers projets ont déjà échoué.

Quatre concurrents pour l'acétylène et deux pour l'électricité étaient en présence. Chacun a exposé son projet devant M. Mettrier, ingénieur des mines, qui est chargé de faire un rapport sur les divers projets.

L'opinion d'un grand nombre de membres du conseil est que le rapport de M. Mettrier serait plutôt favorable au projet d'éclairage électrique.

Grenoble. — *Traction électrique.* — Il serait fortement question d'établir aux environs de Grenoble un chemin de fer funiculaire à traction électrique, reliant le quai des Allobroges (210 m d'altitude) à la station alpine qui pourrait, à 520 m d'altitude, être facilement créée sur le Mont-Jalla.

Voici, d'ailleurs, suivant les auteurs du projet, M. Meunier et Fumet, architectes-géomètres, quelques indications à ce sujet.

Sur le plateau du Mont-Jalla, une superficie de 29 hectares (bois et prairie), surmonte la crête inférieure du Mont-Rachais, où, d'ailleurs, une table d'orientation a été ces temps derniers, établie par le Touring-Club de France. A cet endroit, la vue s'étend sur toute la chaîne des Alpes Dauphinoises et sur toute la vallée du Graisivaudan. Le point de vue est unique. L'horizon, autour de l'ascensionniste, s'étend jusqu'à 500 km.

Atteindre le point de vue, facilement, est la préoccupation de tous ceux qui connaissent les environs de cette ville. Aussi n'est-il pas surprenant qu'on ait songé à la création d'un funiculaire électrique.

La station de départ serait emplacée sur le quai des Allobroges. Un tunnel de 20 m, creusé dans le rocher, procurerait aux voyageurs l'impression d'obscurité qui convient à ces sortes d'excursions. Ajoutons de suite que l'on pourra gagner la gare projetée à l'entrée de la Tronche par les tramways ordinaires.

Et ce sera, immédiatement, la grimpée au long de la montagne, en pente raide de 49 mm par m, avec une station admise à la cote 310 pour y dominer les remparts de l'ancien Cularo effrités, n'indiquant plus qu'une ligne de passage, — et près d'eux un des rares blocs erratiques que l'on connaît en Dauphiné : la Pierre Bardonnanche.

Le départ du funiculaire s'effectuera toutes les demi-heures. La saison d'exploitation commencera le 1er mai pour se terminer le 30 octobre. Les trains partiront à chaque quart d'heure les dimanches et fêtes. L'excursion coûtera 0,50 fr.

La Salvetat-sur-Agout (Hérault). — *Éclairage.* — La question de l'éclairage de La Salvetat est sur le point d'être solutionnée dans un sens conforme aux intérêts de tous.

Le Conseil municipal, sous la sage et clairvoyante direction de M. Gauzy, maire et conseiller général, étudie en ce moment deux projets d'éclairage, l'un à l'acétylène, l'autre par l'électricité, proposé par un industriel de Graulhet.

Mauriac (Cantal). — *Station centrale.* — Au cours d'une des dernières séances, le maire a exposé au Conseil municipal qu'il y avait lieu de réinstaller l'éclairage électrique.

Il fit connaître que plusieurs projets seraient mis à l'étude et soumis à l'examen d'une Commission.

Parmi ces projets, trois sont étudiés. Le premier, et le plus important, consisterait à établir un barrage en aval du pont de la Mort, près Menet ou mieux à la Clidelle.

Il s'agirait d'obtenir, en opérant ce captage d'eau, une chute de 15 à 20 m, qui procurerait une puissance de 100 poncelets.

Ce projet, qui est le meilleur, et sur lequel on s'arrêtera, à l'avantage précieux d'assurer la lumière électrique aux communes du Riom, Menet, Saint-Étienne, Trizac et Valette.

Le ravin de la Clidelle serait transformé en un vaste réservoir.

Le deuxième projet, c'est-à-dire le captage des eaux de la Véronne, en aval du tunnel, n'assurerait la lumière qu'à Riom, et il serait excessivement coûteux.

Le troisième projet consisterait à utiliser la chute naturelle de la Ribeyrette.

Tout récemment, M. Fernand Brun et les membres de la Commission désignée se sont rendus sur les lieux accompagnés de M. Gratacap, ingénieur diplômé d'une Société parisienne d'éclairage.

Meymac (Corrèze). — *Station centrale.* — Les actionnaires de la Société « Les Forces motrices de la Diège » se sont réunis lundi à Ussel, en assemblée générale, sous la présidence de M. Vintéjoux, contrôleur de l'armée en retraite.

L'Assemblée a décidé d'éclairer Meymac et Saint-Angel. L'électricité installée, la ville de Meymac payera 400 fr par an pour 50 lampes municipales.

Le jour où l'éclairage particulier rapportera 12 000 fr à la Société, la ville ne devra plus ces 400 fr.

En passant, Saint-Angel sera éclairé. On compte là sur une recette de 1800 à 2000 fr.

Le capital sera de 80 à 90 000 fr.

Montfort-en-Chalosse (Landes). — *Éclairage.* — La ville de Montfort va enfin avoir la lumière électrique, s'il faut s'en rapporter au projet de contrat présenté par la Compagnie des forces motrices électriques de la Chalosse, qui doit établir son usine centrale à Nées (Landes).

Voici les principaux termes de ce contrat qui vient d'être approuvé par le Conseil municipal.

La Compagnie s'engage à donner à la commune, gratuitement, et pendant 35 années, l'installation et la lumière de 35 lampes de 32 bougies et 110 volts.

Tout droit de revendication est laissé à la commune; elle serait déliée de tout engagement et pourrait s'adresser à une autre usine dans le cas où la Compagnie ne lui donnerait pas une lumière suffisante; elle est dégagée de toute responsabilité dans les accidents qui pourraient survenir sur la voie publique du fait des courants électriques.

Treignac (Corrèze). — *Éclairage.* — Le projet d'éclairage électrique dont nous avons déjà parlé semble enfin entrer dans la phase d'exécution. Mieux vaut tard que jamais!

M. le préfet de la Corrèze, vu la pétition adressée par M. le maire de Treignac, demandant l'autorisation d'élever un barrage sur la Vézère, en aval du pont de la Brasserie;

Vu la déclaration de M. Bonnefond, propriétaire du terrain à occuper pour l'installation projetée par la ville, déclaration par laquelle M. Bonnefond consent à se substituer à la ville et s'engage à lui rétrocéder l'autorisation à première acquisition;

Vu que cette combinaison est acceptée par M. le maire de Treignac;

Vu le rapport des ingénieurs du service hydraulique;

Ordonne une deuxième enquête réglementaire de vingt jours. Pendant ce laps de temps, les pièces du dossier resteront déposées à la mairie de Treignac, ainsi qu'un registre destiné à recevoir les observations des parties intéressées.

SUR

LE SYSTÈME D'UNITÉS PRATIQUES ABSOLUES

DE M. GIORGI

L'*Institution of Electrical Engineers*, de Londres, vient de consacrer deux séances entières à une discussion relative aux unités, aux étalons représentatifs de ces unités, et aux propositions récemment faites en vue de créer un *système rationnel de grandeurs et d'unités physiques*.

La discussion a montré, en ce qui concerne les étalons, qu'en dépit des Congrès internationaux, l'entente n'était pas encore complète, et que les différents pays n'avaient pas adopté les mêmes représentations des unités fondamentales électriques pratiques : le volt, l'ohm et l'ampère.

Au point de vue industriel, les différences signalées n'ont aucune importance pratique, car les écarts entre les étalons adoptés sont inférieurs au millième, et nous ne croyons pas que la précision des mesures courantes dépasse le $\frac{1}{200}$. L'imperfection de l'étalon étant bien inférieure à celle de la mesure, il n'y a aucun inconvénient à admettre comme *exacts* les résultats obtenus en partant d'étalons *inexacts*. Nous n'insisterons donc pas sur ce point qui n'intéresse que les métrologistes; si les discussions de ce genre laissent les industriels indifférents, elles ont du moins l'avantage de réduire de plus en plus les écarts entre les valeurs théoriques des unités et celles des étalons qui les représentent matériellement.

Mais si nous n'attachons qu'une importance *pratique* secondaire à ce premier point, il n'en est pas de même en ce qui concerne le second, qui touche la rationalisation des grandeurs et des unités physiques.

On sait combien il a fallu de temps, de travail et de luttes pour établir le Système C.G.S., de grandeurs et d'unités physiques, sanctionné et complété par tous les Congrès internationaux qui se sont succédé depuis 1881. On sait que ce système est le seul *cohérent* dans son ensemble, en ce sens que chaque grandeur dérivée se déduit des autres grandeurs par une définition simple, et que l'unité dérivée correspondante a précisément pour valeur celle qu'indique la formule de définition en y faisant tout égal à 1, sans introduire aucun facteur parasite (entier décimal ou incommensurable).

Le système *pratique* C. G. S. (ohm, volt, ampère, farad, henry, watt, joule), système *incohérent*, n'a été qu'une conséquence forcée du système C. G. S., résultant des besoins de la pratique, les unités C. G. S. étant, en général, trop grandes ou trop petites pour satisfaire à ces besoins. On a donc choisi des multiples ou des sous-multiples décimaux *arbitraires* des unités C. G. S., et tout le monde est d'accord aujourd'hui que ce choix n'est pas le plus heureux parmi ceux qui auraient pu être faits. On reconnaît volontiers qu'il eût été préférable, par exemple, ainsi que le proposait lord Kelvin (sir William Thomson) en 1881, de choisir le volt et l'ohm de façon à ce que l'ampère soit égal à l'unité C. G. S. d'intensité de courant, au lieu d'être dix fois plus petit. Le système pratique est donc un enfant *mal venu* du système C. G. S., un système *empirique*, que l'on accepte malgré ses tares *décimales* parce qu'il est consacré par un long usage international et une immense pratique industrielle. Bon nombre d'ingénieurs électriciens ont cependant pris l'habitude, dans les problèmes complexes, de faire leurs calculs en unités C.G.S., et, à la fin, d'exprimer les résultats en unités pratiques courantes. C'est reconnaître, implicitement et explicitement, que le système C. G. S. est, actuellement, le seul système d'unités entièrement cohérent et rationnel.

Et c'est au moment où le système d'unités C.G.S. commence à répandre dans le monde scientifique et industriel les bienfaits de son adoption universelle et internationale que l'on vient agiter de nouveau la question d'un nouveau système rationnel d'unités électriques!

Ce système, proposé par M. le professeur G. Giorgi il y a trois ans environ, a été présenté au Congrès de Saint-Louis, par M. le professeur M. Ascoli, président et délégué de l'*Associazione Elettrotecnica Italiana*, et discuté récemment devant l'*Institution of Electrical Engineers*.

Le système de M. Giorgi a la prétention de compléter et de rendre rationnel le système d'unités pratiques en partant des unités fondamentales suivantes : le mètre, le kilogramme et la seconde. Nous ne l'avions pas discuté, lors de son apparition, pensant qu'il tomberait tout naturellement dans l'oubli, mais puisque l'on persiste à le préconiser, le moment nous semble venu de le démolir en quelques mots.

Le système de M. Giorgi est irrationnel et incohérent, parce qu'il est basé sur des grandeurs incohérentes entre elles, et qu'il nécessite l'emploi d'unités de grandeur anormale et l'introduction de facteurs parasites. Dans ce système, par exemple, l'unité de densité est le kilogramme par mètre cube et la densité de l'eau devient égale à 1000. L'unité de force est égale à 10^5 dynes (1 hectogramme-force environ) et n'a pas de nom spécial, etc.

En ce qui concerne les facteurs parasites, prenons par exemple l'expression de la résistivité. Pour appliquer la formule donnant la résistance d'un conducteur en fonction de ses dimensions exprimées en mètres, il faudra exprimer les résistivités en ohm-mètre, et, par conséquent, soit modifier toutes les tables connues, soit introduire un facteur parasite multiple de 10. Il en sera de même pour un grand nombre d'autres unités physiques.

Le système que M. le professeur Giorgi préconise en le qualifiant de *système pratique absolu*, n'est, à notre avis, qu'un système *bâtard*, n'ayant pour lui ni la logique du système C. G. S., ni la tradition du système pratique, dont il partage et perpétue l'incohérence. Nous lui ferons donc une opposition irréductible, tant que sa supériorité sur le système C. G. S. ne nous aura pas été démontrée.

É. Hospitalier.

AMPÈREMÈTRE

POUR

COURANTS SOUS HAUTES TENSIONS

Cet instrument, récemment présenté au *Franklin Institute* par son auteur, M. H. Clyde Snook, a été imaginé pour la mesure des courants directs sous très hautes tensions, en vue de répondre au besoin, pour les radiographes et médecins, de savoir ce qu'ils peuvent attendre de leurs bobines d'induction ou de leurs machines statiques.

Cette question a déjà fait, dans ces derniers temps, l'objet d'études diverses, et notamment de la part de notre compatriote Gaiffe, qui a construit un appareil thermique pour la mesure du courant secondaire d'une bobine d'induction, tandis que, de son côté, le professeur Sheldon, de l'Institut polytechnique de Brooklyn, poursuivait une série de recherches dans la même voie sur les machines statiques.

On comprend d'ailleurs l'importance du sujet en ce qu'il vise le dosage des rayons X dans leurs applications à la thérapeutique et la comparaison des courants dans les tubes de Röntgen employés en radiographie.

La bobine d'induction ne fournit pas un courant secondaire d'intensité constante ni de tension pratiquement fixe. Ces deux quantités varient, au contraire, dans de larges limites, et le taux de ces variations est, pour l'une comme pour l'autre, excessivement élevé. A un cycle complet d'aimantation et de désaimantation d'un noyau de bobine d'induction correspond dans le primaire une courbe de courant analogue à celle de la figure suivante (fig. 1). (La bobine d'induction est ici considérée comme

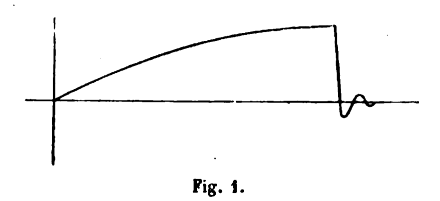


Fig. 1.

fonctionnant sous l'action d'un interrupteur mécanique quelconque shunté par un condensateur.)

La self-induction du circuit primaire empêche, comme on le voit, le courant d'y atteindre immédiatement sa valeur finale, dès la fermeture du contact; mais, à l'ouverture de l'interrupteur, il y a chute très brusque, suivie d'une légère oscillation due au condensateur. Cette courbe suppose en outre, accessoirement, que la self-induction agit seule pour limiter l'intensité maxima.

Si l'on opère à une tension primaire supérieure à celle dont la self-induction peut prévenir les effets et si l'on règle le courant à l'aide d'un rhéostat, la courbe peut affecter des formes diverses régies par la self-induction et la résistance du rhéostat en circuit (fig. 2).

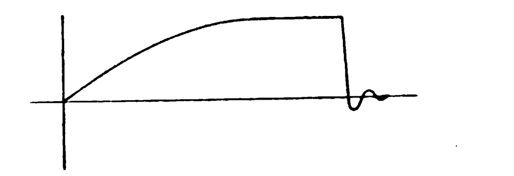


Fig. 2.

Une courbe analogue à celle-ci correspond au cas où il y a en circuit une résistance assez élevée pour que l'accroissement du courant soit limité par la résistance ohmique et non par la self-induction du primaire (fig. 3).

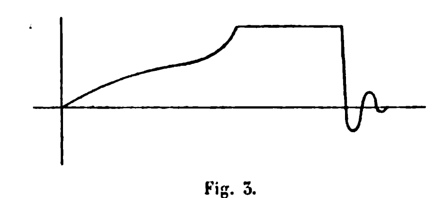


Fig. 3.

Cette dernière courbe révèle une self-induction trop faible pour empêcher un rapide accroissement du courant pendant une partie de la période de « fermeture ».

La courbe de courant dans le circuit secondaire de la bobine se présenterait de la manière suivante, dans l'hypothèse d'une courbe de courant dans le primaire, comme dans la figure 4.

Il ne faut pas perdre de vue que la fréquence de ces

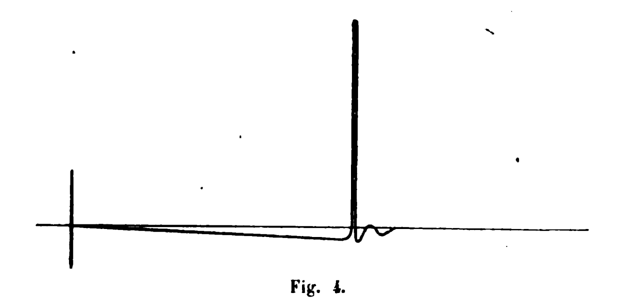


Fig. 4.

cycles dépasse généralement un peu 25 périodes par seconde. La fréquence des interrupteurs mécaniques de divers genres varie de 25 à 300 périodes environ par seconde.

En jetant les yeux sur la courbe (fig. 4) de courant secondaire, on remarque qu'une longue portion de l'onde induite dans le secondaire correspond à la durée du contact, c'est-à-dire au temps que met le courant à croître dans le primaire.

Cette portion de la courbe, jointe à l'autre petite onde qui la termine, a reçu le nom de « décharge inverse », en raison du sens de la f. é. m. à laquelle elle correspond et qui est inverse de celle de la portion de la courbe afférente à la longue étincelle et à la « rupture » de l'interrupteur.

C'est une « décharge inverse » parce qu'elle est en sens inverse de la longue ou directe étincelle de la bobine, et elle est très faible dans les bobines pour lesquelles la self-induction de l'enroulement primaire règle la valeur de l'intensité dans ce circuit primaire. — Dans les bobines actionnées sous 100 ou 220 volts, on a recours à un réglage rhéostatique du courant primaire et il peut alors se présenter soit la condition de la courbe (2), pour laquelle il y a une grande perte d'énergie dans le rhéostat, soit un taux élevé de variation d'accroissement du courant, comme dans la courbe (3), qui donne lieu à la « décharge inverse ». On satisfait très élégamment à cette nécessité d'un mode de réglage du courant primaire par self-induction dans les bobines actionnées sous basse tension, comme celle des piles, en employant une self-induction assez élevée pour permettre de régler l'intensité uniquement par modification de la durée de la période pendant laquelle on laisse le courant circuler dans le circuit primaire, c'est-à-dire la longueur de « fermeture ».

Le remède naturellement indiqué à la perte rhéostatique et à la production de la « décharge inverse » consiste à faire varier la self-induction du circuit primaire en conformité du courant qui y circule.

Il importe beaucoup à l'application des rayons de Röntgen d'éviter la « décharge inverse », en ce qu'elle est improductive de rayons X utilisables et en raison de ce que sa présence dans le tube employé détermine deux effets tendant à l'altérer :

1. Quand elle traverse le tube, l'anode de platine se transforme momentanément en cathode; le platine est projeté par les effluves cathodiques contre les parois intérieures du tube de verre qu'il rend plus opaques au passage des rayons de Röntgen, en même temps qu'il constitue une très grande surface d'absorption par laquelle le gaz contenu dans le tube en question est rapidement occlus, tandis que le vide est porté au delà du point voulu.

2. Quand l'anode devient cathode, le gaz occlus qu'elle contient s'ajoute très rapidement au gaz très raréfié du tube et il peut en résulter une brusque diminution du vide, notamment avec des tubes neufs..

Comme résultat pratique, si on laisse la décharge inverse se produire dans le tube, elle ne donne pas de rayons X utilisables et détermine une diminution momentanée, puis une augmentation permanente du vide dans le tube.

Bien qu'elle fasse partie de la production de la bobine d'induction, la décharge inverse n'est pas utilisable dans

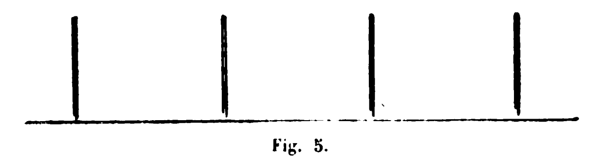


Fig. 5.

un tube de Röntgen et elle n'est pas mesurée par l'instrument dont il est ici question. Le courant qu'utilise dans son tube le radiographe comporte un certain nombre d'impulsions individuelles, de même sens, séparées par de longs intervalles de temps comparativement à leur propre durée (fig. 5).

Courbes de courant dans un tube de Röntgen. — L'appareil que nous décrivons ici est une adaptation du système d'Arsonval à l'intégration des ondes de courant dont il est parlé précédemment; il en permet la lecture continue.

La fréquence de production de ces ondes dépasse de beaucoup dans chaque cas la période naturelle du système mobile dont le mouvement est amorti, comme d'habitude, par l'enroulement de la bobine mobile sur un cadre conducteur.

L'instrument est schématiquement représenté par la figure 6 :

1 et 2 sont les bornes de connexion; *a*, la bobine mobile; *b*, la dérivation non inductive de réglage; D, l'ai-

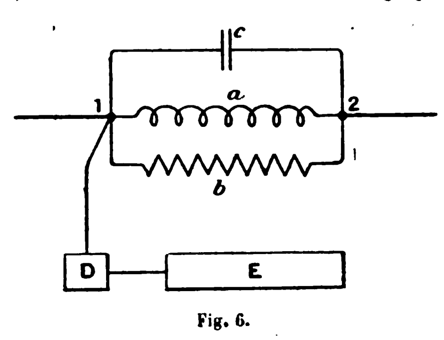


Fig. 6.

mant permanent avec son noyau; E, la gaine de fer de l'instrument; et *c*, le petit condensateur au mica. — D doit être, comme on voit, relié à la borne 1, et E est relié à D.

L'ensemble de l'appareil est monté sur un socle isolant; et la gaine, l'aimant et le noyau, ainsi que le système mobile et la bobine de dérivation sont tous reliés entre eux, de manière à subir simultanément toute élévation ou chute de potentiel, suivant les variations de potentiel du circuit secondaire.

On voit immédiatement que la seule différence de potentiel entre les organes de l'ampèremètre est réduite à la simple perte de charge dans les deux bobines.

La question de fort isolement pour permettre de résister à de hauts potentiels ne se soulève donc plus et la seule isolation nécessaire est celle employée dans les instruments de mesures pour courant continu.

Grâce au taux très élevé de variation du courant, la self-induction de la bobine l'empêcherait de prendre toute la proportion de courant lui revenant. On a reconnu dans la pratique que la f. é. m. induite, entre spires, était assez élevée pour déterminer des étincelles intérieures dans la bobine mobile et des étincelles entre la bobine et son cadre métallique.

Le taux de variation d'augmentation et de diminution de courant ne dépend pas de la fréquence d'interruption, mais du taux suivant lequel le noyau magnétique perd son

aimantation. Il est notablement influencé par les pertes dues aux courants de Foucault dans le noyau du primaire, pertes inappréciables dans les noyaux de bobines d'induction divisés comme ceux établis en minces fils de fer. L'effet résiduel est une quantité pratiquement constante pour les noyaux ouverts, de sorte qu'on a affaire à un taux bien constant de variation de flux et à un taux de variation corrélativement constant de courant induit.

En *c* se trouve un condensateur qui a pour objet d'absorber les irruptions de courant pour les restituer sous forme plus régulière à la bobine mobile. Dans ces conditions l'action de la self-induction de cette bobine mobile se trouve neutralisée et la chute de potentiel entre les bornes de l'ampèremètre se rapproche beaucoup plus de la chute ohmique entre les deux bobines.

En fait, si on laisse la « décharge inverse » se produire à travers l'appareil, les indications de ce dernier sont la somme algébrique des valeurs intégrées des courants directs et inverses, ce qui donne comme résultat une lecture inférieure à la valeur vraie de la décharge directe.

Divers moyens permettent de prévenir le passage de la « décharge inverse » et on y arrive ordinairement en insérant un intervalle à étincelle en série avec le tube à rayons X. Comme on l'a vu précédemment, on recourt, comme mesure préventive, à une self-induction de haute valeur dans le circuit primaire.

Les courants fournis par les machines statiques sont directs et parfaitement fixes quand il n'est pas déterminé d'oscillations dans une bouteille de Leyde ou par d'autres circuits présentant de la capacité, en connexion avec elles, et l'appareil ici décrit est naturellement approprié à la mesure des courants fournis par ces machines.

La comparaison de lectures des courants pris par des tubes de Röntgen sur différents types de bobines fournit des résultats des plus intéressants.

Un tube mou absorbe beaucoup plus de courant qu'un tube dur, alors même qu'ils fonctionnent tous deux sur la même bobine sans aucun changement de réglage de celle-ci. En réalité le même tube prend beaucoup moins de courant quand il est dur que lorsqu'il est mou. Si le vide d'un tube diminue à l'usage, le fait est révélé par l'aiguille de l'instrument qui prend sur l'échelle une marche ascendante indiquant qu'il passe plus de courant. Si, au contraire, le vide augmente dans le tube par l'usage, l'aiguille baisse en accusant une moindre intensité.

Si la décharge inverse commence à se produire dans le tube, l'aiguille se met à baisser rapidement et donne une lecture bien inférieure, par suite de l'accroissement d'intensité de la décharge de la bobine.

Un tube à rayons X ayant une résistance initiale de 7,5 cm d'étincelle en dérivation prendra beaucoup moins de courant qu'un intervalle explosif de 7,5 cm d'air. Autrement dit, le changement de résistance du tube à rayons X, quand il prend du courant, est bien inférieur au changement de résistance d'un intervalle explosif d'air ayant la même résistance initiale que le tube.

Ainsi on peut régler une bobine de manière à forcer le passage d'un milliampère à travers un tube de résistance de 7,5 cm d'étincelle en dérivation; puis, après avoir retiré le tube et l'avoir remplacé par un intervalle explosif de 7,5 cm d'air, obtenir dans cet intervalle 6 ou 8 milliampères, sans qu'aucune modification ait été faite dans le réglage de la bobine. L'ionisation doit jouer un rôle important dans cette différence frappante dans le degré de variation de résistance.

Le courant qu'on peut obtenir d'une bobine d'induction donnant son étincelle dans l'air varie aux environs de 0 à 50 milliampères, suivant la longueur de l'étincelle dans l'air, les dimensions de la bobine, son rendement, la résistance du circuit secondaire et la manière dont on l'actionne.

Le courant maximum qu'ait pu obtenir d'une machine statique l'auteur de cette communication a été de 0,8 milliampère. Cette lecture a été relevée sur une grande machine comportant 12 plateaux de verre tournant.

Des bobines d'induction différentes comme puissance et comme dimensions fourniront à des tubes à rayons X de vides divers des courants allant jusqu'à 14 milliampères au maximum.

Cet instrument permet ainsi l'étalonnage et le dosage en rayons X, puisque la quantité de ces rayons est proportionnelle au courant dans le tube.

La comparaison des courants pris par un grand nombre de tubes de diverses provenances et de résistance variable en étincelles en dérivation a montré qu'il n'existe guère de différence appréciable dans les rendements de tubes de fabrications diverses quand on les fait fonctionner au même degré de vide et sous la même intensité de courant.

Au fur et à mesure qu'un tube vieillit et que la couche de dépôt métallique absorbante augmente d'épaisseur sur ses parois, son rendement en rayons X pour un courant donné diminue légèrement; mais tout tube donne lieu, pour un degré donné de vide, à des rayons X en proportion directe avec le courant qui le traverse dans le sens convenable.

On a donc ainsi un mode de mesure quantitative des rayons X.

Comme conséquence de ce qui précède, il importe peu que, dans l'emploi des rayons X, on se serve de machines statiques ou de bobines, ou encore qu'on applique la veine mercurielle ou des interrupteurs électrolytiques ou autres; en repérant la distance de l'anticathode du tube à la partie exposée, le temps d'exposition, le degré de vide du tube, et l'intensité du courant qui le traverse, chaque opérateur connaît les constantes nettement définies d'un tube qui peuvent être reproduites par un autre observateur.

E. B.

SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS

AVEC

LES LIGNES A HAUTE TENSION

Une communication très intéressante sur ce sujet vient d'être présentée par M. P. A. Kovalef à la Société technique impériale russe.

On n'ignore pas, en effet, que par suite du développement des stations centrales, productrices de courants à haute tension, la question de sécurité devient de plus en plus importante au point de vue pratique.

Dans une série d'articles, publiés par le journal *Electritchestvo*, M. Kovalef signale quelques cas intéressants de surélévation de tension; il emploie pour l'explication de ces phénomènes peu connus des exemples tirés du domaine de la mécanique, afin de permettre aux lecteurs de se faire d'abord des idées concrètes et il envisage ensuite les détails au point de vue purement scientifique.

L'auteur invite de plus tous ceux qui voudraient contribuer à la solution de la question de la *mise à la terre*, à apporter leur précieux concours, cette solution aura pour but d'éviter les suites fâcheuses de la production de hautes tensions dans les circuits secondaires.

Étant donné le peu de distance qui existe entre les câbles d'utilisation, mis pour ainsi dire entre les mains du public et ceux qui se trouvent sous une tension mortelle, ainsi que la possibilité pour les isolants d'être percés à tout moment, il faudrait avant de permettre l'emploi de ces câbles, prendre des mesures contre toute possibilité de danger.

Cette question fut discutée, il y a quelques temps, en Allemagne, et la maison Siemens et Halske indiqua une méthode de mise à la terre employée par elle [1].

Presque en même temps, M. Kovalef imagina un procédé, qui fut essayé pendant les trois dernières années sur le réseau de la Compagnie de constructions électriques de la ville de Saint-Pétersbourg.

D'après les résultats obtenus pendant ces essais, la méthode de M. Kovalef semble mériter une attention particulière, puisque à côté du bas prix d'installation elle présente une grande simplicité, tout en assurant un bon fonctionnement. Ces appareils de sécurité sont composés de bouchons de liège calcinés, disposés comme dans les limiteurs de tension du même genre bien connus.

Un boulon *a* (fig. 1) est placé de façon que sa tête soit à l'intérieur d'une cloche de porcelaine, tandis que l'écrou est vissé à l'extérieur et soudé à la partie taraudée. La surface de la tête *a* est d'abord soigneusement polie et dorée au moyen d'un bain galvano-plastique afin d'éviter l'oxydation.

Une rondelle de papier munie en son milieu d'une ouverture circulaire est placée par-dessus la tête du boulon pour servir de séparation entre une plaque de cuivre *b*, dorée aussi et réunie au moyen d'un câble souple à l'enveloppe extérieure *c*.

La plaque *b* est d'abord chauffée afin de chasser les traces d'humidité qui peuvent se trouver dans le papier ainsi que dans l'espace annulaire; elle est ensuite noyée dans de la gomme laque en quantité suffisante pour

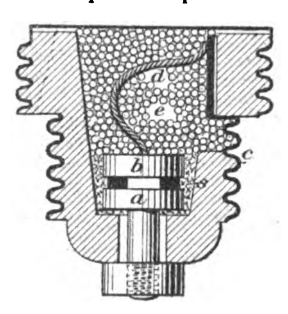


Fig. 1.

remplir l'espace vide entre la plaque de cuivre et la tête du boulon. Le reste de l'espace jusqu'au couvercle est rempli avec de la grenaille de plomb *f*, en vue d'empêcher la détérioration du câble au cas où un courant trop intense circulerait. L'appareil est placé dans une gaine de porcelaine, l'un des pôles étant mis à la terre, tandis que l'autre est connecté avec le réseau.

On conçoit que l'espace entre la tête *a* et la plaque *b*, étant rempli d'air bien sec, présente une isolation suffisante pour des tensions ordinaires, mais si cette tension dépasse une valeur déterminée, une étincelle jaillit entre les deux surfaces en regard, le réseau se trouve réuni à la terre et tout danger disparaît.

L'auteur propose un procédé très simple pour déterminer le maximum de tension à admettre pour un appareil donné sans le détériorer et le minimum nécessaire pour le faire fonctionner.

Dans un circuit à courant alternatif et sous une tension de 6000 v, il dispose deux condensateurs (c_1 et c_2, fig. 2). L'expérience a lieu dans la portion du circuit, qui est séparée du transformateur par les condensateurs [1]. La figure 2 représente les connections des appareils dans cette expérience.

En faisant varier la capacité des condensateurs, on peut augmenter ou diminuer l'intensité du courant dans le circuit. Cette capacité est de l'ordre du dix-millième de microfarad; on obtient ainsi une étincelle à peine appréciable, entre le bouton *d* et la plaque. Si l'on fait varier la capacité du condensateur C, composé de deux grandes feuilles de zinc, séparées par une plaque mince d'ébonite, on peut régler la tension entre les armatures c_1 et c_2, entre 0 et plusieurs milliers de volts en circuit ouvert; la tension est mesurée au moyen d'un voltmètre électrostatique *v*.

(1) *Electrotechnische Zeitschrift*, 1901, p. 310.

(1) Un procédé semblable avait été proposé par l'auteur à la Commission instituée pour l'élaboration de règlements pour isoler des conducteurs les personnes atteintes par le courant de haute tension. Ce procédé fut décrit dans le numéro 19 du journal *Electritchestvo*.



Si maintenant on place des appareils de mise à la terre par-dessus la plaque, pourvue d'un dispositif qui permet d'établir une connection électrique entre l'enveloppe extérieure de l'appareil et cette plaque, et si on touche avec une tige *d* le bouton de contact *a* de l'appareil, tout en ayant soin d'augmenter progressivement la

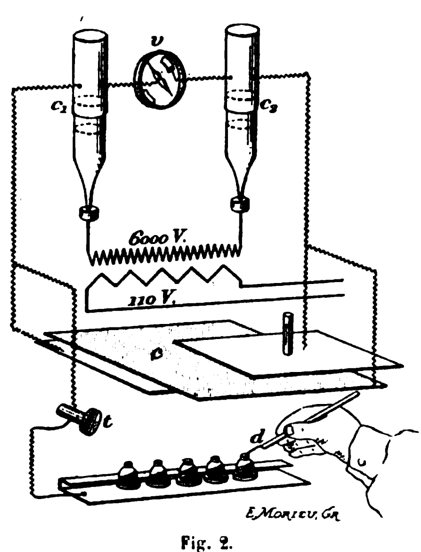


Fig. 2.

tension en éloignant les plaques du conducteur C, on peut au moyen d'un téléphone *t*, placé dans le circuit, saisir facilement le moment où l'appareil se trouve percé par la tension ainsi obtenue.

Dans quelques cas cependant, on se trouve en présence des difficultés suivantes : grâce à l'induction électrostatique, il se produit dans les conducteurs un courant de haute tension d'une intensité tellement faible qu'il ne peut mettre en danger la vie de l'homme, mais suffisante cependant pour détériorer l'appareil. Pour parer à cette éventualité on place entre la terre et le réseau, et en parallèle avec l'appareil, une lampe à incandescence, qui fait écouler vers le sol ce courant insignifiant. Nous allons voir maintenant à quoi est due la production dans le circuit secondaire de ce courant inoffensif de haute tension.

On sait que chaque transformateur peut être envisagé comme étant un condensateur dans lequel les enroulements constituent les armatures.

Un condensateur placé dans le circuit alternatif n'empêche pas le passage du courant dont l'intensité I est proportionnelle à la tension U, à la fréquence p et à la capacité du condensateur C.

$$I = 2\pi p \,.\, CU,$$

ou en posant :

$$2\pi p = \omega,$$
$$I = \omega CU.$$

Supposons dans un circuit alternatif deux condensateurs de dimensions différentes, réunies en série. La quantité d'électricité nécessaire pour charger chacun de ces condensateurs sera évidemment la même, mais puisque cette quantité est proportionnelle à la tension, par laquelle elle est pour ainsi dire forcée dans le condensateur, il s'ensuit que, dans le cas qui nous occupe, la tension aux bornes du petit condensateur sera à la tension du grand comme le rapport de leurs capacités.

La figure 3 représente le modèle d'un appareil qui met en évidence cette relation. Imaginons un système de tubes recourbés et réunis à un cylindre muni d'un piston.

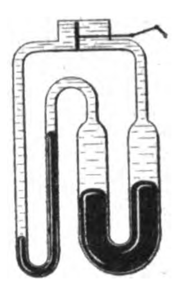


Fig. 3.

Supposons que les deux branches en V de ces tubes soient remplies de mercure, jusqu'à une même hauteur dans les quatre branches; l'espace libre des tubes est remplie d'eau. Dans ces conditions le tube de grande section va représenter le condensateur de grande capacité, tandis qu'au petit condensateur correspond le petit tube. On conçoit facilement que pendant le mouvement de va-et-vient du piston le ménisque du mercure dans le petit tube va être plus agité que celui du gros tube et presque la totalité de pression va être transmise au petit tube.

Rapprochons de cet exemple la distribution de la tension par rapport à la terre, dans un système plus compliqué d'un réseau contenant des câbles concentriques et des transformateurs.

Nous allons supposer des dérivations prises sur les fils des transformateurs au moyen de conducteurs simples sous plomb. Le câble extérieur a généralement par rapport à la terre une capacité de quelques dizaines de microfarads, tandis que la capacité entre la terre et le câble extérieur n'est qu'une fraction de microfarad.

Dans un réseau de câbles concentriques (fig. 4) outre le circuit principal que composent la génératrice, les câbles et les transformateurs, il existe toute une série de circuits secondaires, fermés soit sur des capacités soit par la terre. Quelques-uns de ces circuits sont le siège de ces tensions statiques, dont nous avons parlé plus haut. Ces circuits sont généralement formés de la façon suivante : le courant de la machine passe d'abord par le câble extérieur dans le condensateur C_2, il passe ensuite par la terre et il arrive au condensateur C, il revient enfin à la machine par le câble extérieur. De cette manière les condensateurs C_2 et C se trouvent réunis en série dans le circuit de la génératrice. Mais la capacité de C_2 n'est qu'une fraction de la capacité de C, il s'ensuit que le conducteur extérieur du câble présente par rapport à la terre une tension presque nulle, tandis que la tension entre la terre et le conducteur intérieur est à peu près égale à celle de la génératrice. Dans la pratique on met

généralement le conducteur extérieur à la terre au moins en un point, ce qui élimine complètement l'influence, parfois très nuisible, du condensateur C.

Considérons une installation, qui contient un circuit secondaire. Nous avons déjà eu l'occasion de remarquer que le transformateur, envisagé par rapport au noyau de fer réuni à la terre ainsi que par rapport aux enroulements secondaires, peut être considéré comme étant un condensateur ou plutôt une série de petits condensateurs en dérivation en différents points des enroulements primaires. Ceci posé, une partie du courant du câble inté-

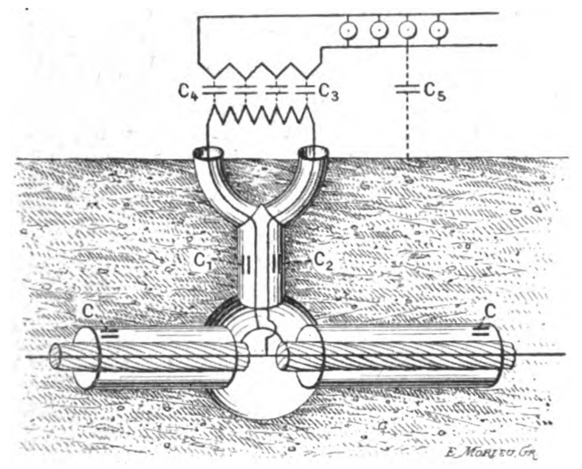


Fig. 4.

rieur va passer par le condensateur C_4 dans le conducteur extérieur, tandis que l'autre partie, après avoir traversé le condensateur C_5 entre les enroulements secondaires et les objets extérieurs, plus ou moins à la terre, va passer dans le conducteur extérieur du câble par le condensateur C. Plus le condensateur C_5, qui correspond au circuit secondaire, est petit, plus grande sera la tension statique du circuit par rapport à la terre. Cette tension ne peut être mesurée qu'au moyen d'un wattmètre électrostatique puisque la quantité d'électricité est nécessairement très petite.

Considérons maintenant le cas où l'augmentation de tension dans le circuit secondaire peut être due à un changement spontané du coefficient de transformation dans le transformateur, ce qui a lieu principalement si un court-circuit se produit entre deux spires consécutives de l'enroulement primaire. Une certaine partie des enroulements va alors être supprimée du circuit et, par suite du changement du rapport entre les spires primaires et secondaires, la tension dans ces dernières va aller en croissant. L'auteur ne croit pas que dans ce cas la tension puisse atteindre des valeurs dangereuses avant le fonctionnement des appareils protecteurs de ligne, mais il se livre à une étude plus approfondie à ce sujet. Dans certains cas ce n'est pas le circuit primaire qui est la cause de l'augmentation de tension secondaire mais *vice versa*. Ceci n'est possible cependant que lorsque les circuits secondaires peuvent être alimentés par deux sources indépendantes.

Supposons par exemple qu'une usine soit alimentée par du courant alternatif provenant de deux stations centrales, dont l'une fournirait le courant pour l'éclairage, l'autre pour faire marcher le moteur M (fig. 5). Supposons ensuite que le câble K_1 de la station n° 1 soit retiré du circuit pour cause de réparation. Il peut se faire qu'au moment de l'allumage le circuit d'éclairage se

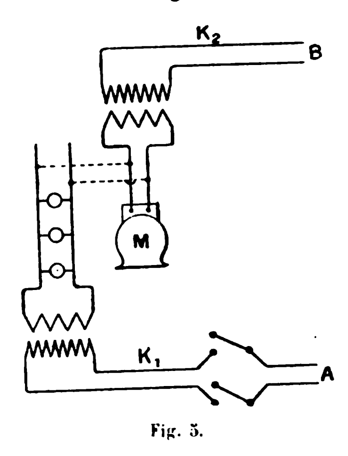


Fig. 5.

trouve réuni aux bornes du moteur; les lampes vont s'allumer, mais le câble K_1 va devenir le siège d'une tension suffisamment élevée pour causer la mort de l'ouvrier occupé à la réparation.

Une tension de ce genre peut quelquefois apparaître dans des câbles qui ne sont pas réunis à la station centrale, dans le cas d'une décharge atmosphérique.

Avant la décharge de la foudre, le potentiel de la terre varie d'abord assez lentement; une charge statique a ainsi le temps de traverser la matière isolante du câble et de charger ce câble à un potentiel voisin de celui de la terre. Au moment de la décharge le potentiel de la terre varie au contraire, très rapidement, tandis que celui des câbles garde sa valeur pendant un temps plus ou moins long, ce qui peut produire une différence de potentiel assez grande pour détruire l'isolant du câble.

(*A suivre*). C. D. Koubitzki.

NOUVEAU TÉLÉGRAPHONE

DE

M. WALDEMAR POULSEN

Le télégraphone de M. Waldemar Poulsen, qui fit sa première apparition en public à l'Exposition de 1900, et dont nous avons, à l'époque, donné la description, a reçu, depuis son origine, un certain nombre de perfectionnements, et se présente aujourd'hui sous une forme plus pratique de nature à le faire entrer dans le domaine de la pratique en vue de certaines applications spéciales qui

ressortiront mieux de la description que nous allons donner du nouvel appareil.

Rappelons d'abord que le télégraphone est basé en principe sur l'inscription électromagnétique des vibrations de la parole sur un fil d'acier de faible diamètre se déroulant à grande vitesse entre les pôles d'un petit électro-aimant traversé par le courant variable provenant d'un transmetteur téléphonique. Le fil d'acier, aimanté transversalement, conserve son magnétisme, et en se déroulant une seconde fois devant l'électro-aimant y induit, à son tour, des courants d'intensité variable qui actionnent un récepteur téléphonique.

Dans l'appareil actuel le fil d'acier a 0,25 mm de diamètre et une longueur totale de plus de 5 km. Comme il se déroule à la vitesse de 3 m : s, l'inscription de la parole peut se faire pendant 30 minutes consécutives à raison de 100 mots par minute. Le fil s'enroule et se déroule sur deux tambours entre lesquels sont placés les électro-aimants d'inscription, de reproduction et d'effaçage, ainsi que le moteur actionnant les tambours, les commutateurs de manœuvre et autres accessoires. Un curseur indique à chaque instant la quantité de fil utilisée à la conversation et celle qui reste encore disponible.

Le système de commande comprend trois boutons sur lesquels on appuie respectivement pour faire enrouler le fil d'acier en avant, en arrière ou pour l'arrêter. Un commutateur à trois directions permet d'établir à volonté les communications sur l'une des trois positions suivantes que nous allons définir : *Dictée. Audition. Secrétaire.*

Dans la position de *Dictée*, l'opérateur parle devant un transmetteur microphonique et dicte les paroles dont il veut obtenir l'enregistrement sur le fil d'acier. Un électro-aimant effaceur disposé *avant* l'électro enregistreur par rapport au sens de déroulement du fil a pour effet de donner au fil une aimantation permanente et d'effacer toutes les inscriptions précédentes, afin d'éviter toute confusion. L'aimantation transversale fournie au fil par cet électro a pour effet d'accroître la sensibilité de l'appareil.

Dans la position *Secrétaire*, l'appareil a son fonctionnement placé sous la dépendance d'un employé — généralement un dactylographe qui peut être d'ailleurs à une certaine distance de l'appareil, dont il contrôle l'action à l'aide de trois boutons analogues à ceux dont on dispose sur l'appareil lui-même pour sa mise en mouvement et son arrêt. En prenant le bouton *avant*, le télégraphone entre en action, répète une phrase que le secrétaire écoute. Dès que la phrase est terminée, il presse le bouton d'arrêt et écrit la phrase dictée, à la main ou à la machine à écrire. A chaque arrêt, le fil d'acier s'arrête et s'enroule automatiquement *en arrière* d'une certaine quantité, de façon à répéter, lors de la nouvelle mise en marche, la fin de la phrase précédente, et d'*enchaîner* le discours, comme on enchaîne le dialogue dans les répétitions au théâtre.

Pour collationner à la fin de la transcription, l'employé pousse le bouton *en arrière* et ramène le fil au commencement du déroulement. En appuyant de nouveau sur le bouton *en avant*, il fait alors répéter tout le discours au télégraphone.

La position *Audition* correspond à la répétition des paroles enregistrées par des téléphones magnétiques disposés sur l'appareil, et n'a rien de spécial.

Si, pendant le fonctionnement, on a oublié d'arrêter le ruban, celui-ci s'arrête de lui-même à la fin de son déroulement. L'enregistrement se faisant dans les deux sens, il n'est jamais nécessaire de revenir au point de départ après une inscription quelconque. L'inscription obtenue est permanente et peut être utilisée plusieurs milliers de fois à la répétition sans perdre de sa netteté.

Sous cette forme simple, l'appareil remplace avantageusement le phonographe comme enregistreur et secrétaire automatique, mais il suffit d'en modifier les connexions pour le transformer en enregistreur de conversations téléphoniques. En réglant les déroulements du fil à une durée de deux minutes chacun, on peut enregistrer jusqu'à quinze conversations successives pendant l'absence d'un abonné.

Pour des inscriptions de conversations de deux à trois minutes seulement, M. Poulsen a établi un modèle réduit et simplifié avec lequel les inscriptions se font sur un disque d'acier dont on peut d'ailleurs utiliser les deux faces.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Les télégraphes imprimeurs. — Dernièrement, M. Donald Murray a fait une intéressante communication à l'*Institution of Electrical Engineers* sur la combinaison de l'imprimerie avec la télégraphie. Il montre que le but de la télégraphie par machine n'est pas seulement d'augmenter l'économie dans la transmission télégraphique, en diminuant la durée d'utilisation de la ligne pour un télégramme donné, mais aussi de réduire le coût du travail résultant de la traduction en langage clair, par l'emploi de mécanismes convenables. La simplicité de ces machines et l'économie réalisée dépend surtout de la simplicité des signaux.

Quoique l'alphabet Morse soit idéal pour transmettre à la main, il a un désavantage sérieux pour la télégraphie par clavier. Les lettres sont d'une longueur inégale. On conviendra que ceux qui ont fait une étude sérieuse du problème de l'impression directe télégraphique, au point de vue purement mécanique, puissent réaliser le problème important de la construction d'un télégraphe imprimeur. La régularité de marche est le secret du succès de ces machines; elle rend possible la simplicité. Avec tous les appareils, la simplicité a une importance primordiale à la fois, à cause de la délicatesse et des imperfections inhérentes aux appareils télégraphiques. On ne

peut obtenir cette simplicité que par un alphabet dans lequel les lettres ont une longueur égale. C'est la même condition qui a rendu nécessaire l'emploi de lettres de même largeur dans les machines à écrire. Cependant l'alphabet Morse a été employé si longtemps, et les employés des télégraphes de tous les pays où on parle l'anglais y tiennent tellement, qu'il serait presque impossible d'introduire un nouvel alphabet. Heureusement, avec la télégraphie par machine à écrire, ce n'est pas le cas. Pour montrer les avantages mécaniques d'un alphabet à lettres égales, tel que ceux employés dans le système Baudot et Murray, on peut dire qu'un instrument à clavier à perforation qui reproduit le ruban Morse pour le transmetteur Wheatstone a besoin d'un groupe de 19 emporte-pièces et de leurs parties correspondantes, alors qu'il n'en faut seulement que 5 dans le perforateur à clavier de Murray. On sait qu'un télégraphe à impression automatique demande quatre perforateurs à clavier à chaque bout d'un circuit, si on peut construire un perforateur à clavier de lettres égales pour 500 fr, et si un perforateur à lettres inégales coûte 1500 fr, il y a une différence de coût total de 7500 fr par circuit en faveur de l'alphabet à lettres égales. C'est une considération qui doit entrer en ligne de compte lorsqu'il faut équiper plusieurs circuits, pour ne rien dire du fait que le coût d'entretien est à peu près proportionnel au coût total.

Le système Murray ne cherche pas à réaliser le synchronisme. C'est un système isochrone, car on emploie un montage en duplex pour obtenir le fonctionnement à la fois dans les deux directions sur un même fil. Dans ces conditions, le retard cesse d'être important, car il est seulement nécessaire que le distributeur marche avec les signaux arrivants. Il y a eu beaucoup de malentendus sur la vitesse de la manipulation des clefs et des claviers. C'est en effet un sujet de grande importance pour les administrations télégraphiques, et il a un rapport direct avec le problème des télégraphes imprimeurs; la vitesse moyenne sur un clavier de machine à écrire n'est pas supérieure à 120 lettres (20 mots) par minute. Il faut que les opérateurs s'habituent à écrire sans regarder leur clavier. Dans ces conditions, il est possible d'atteindre la vitesse de 180 lettres (50 mots) par minute, ou bien le double de la vitesse moyenne d'un opérateur à clef de Morse. La vitesse de l'imprimeur Murray n'est maintenant pas inférieure à 900 lettres (159 mots) par minute, et la partie automatique du mécanisme marche parfaitement à 200 mots par minute. Malheureusement cependant, aucune machine à écrire actuelle ne peut supporter l'ébranlement produit par l'impression de plus de 720 lettres (120 mots) par minute en service continu. On peut cependant diviser le ruban reçu en sections et le faire passer par deux machines à imprimer, lorsqu'il faut actionner l'appareil à la plus grande vitesse. Toutefois, dans les conditions actuelles, les grandes vitesses pour la manipulation des messages commerciaux ne sont pas désirables pour plusieurs raisons, et un maximum de 120 mots par minute dans chaque direction, paraît répondre à toutes les exigences. Les essais de l'administration anglaise des Postes ont montré que cinq opérateurs à chaque bout d'un circuit Murray, équipés de l'appareil sous sa forme primitive. peuvent échanger 200 télégrammes par heure, ou, par exception, 240. Avec le nouvel appareil imprimeur actionné par un moteur, et avec un appareil d'alimentation des lignes automatique, une correction d'erreurs invisible, et d'autres perfectionnements, on estime qu'il sera possible pour six opérateurs à chaque bout d'un circuit Murray, d'échanger 300 messages par heure; c'est-à-dire que 12 opérateurs sur un circuit Murray pourront faire autant que 16 opérateurs en deux circuits quadruplex de Morse.

Les explosions dans les boîtes de jonction des rues. — Un procès qui vient de se dérouler récemment présente un intérêt qui est très important pour les Compagnies de gaz, d'électricité, et pour ceux qui s'occupent de l'installation et de l'entretien des câbles téléphoniques souterrains. La question à trancher était la suivante : Si une boîte fait explosion par suite de l'inflammation d'un mélange de gaz et d'air, et s'il se produit un dommage, qui est responsable? Le mélange peut avoir été allumé :

1° Par une allumette jetée par mégarde dans la boite par une personne passant dans la rue;

2° Par un arc amorcé par un défaut d'isolement des câbles électriques passant près d'une boîte;

3° Par une lanterne non protégée apportée par un employé du gaz, de l'électricité ou des téléphones.

Le cas envisagé fut le suivant : Le 15 octobre 1903, le couvercle en fer d'une bouche d'égoût du réseau téléphonique fut projeté en l'air dans Regent Street. Les défendeurs étaient les propriétaires des tuyaux de gaz passant au-dessous du trottoir. Le gaz paraît s'être échappé de ces conduites et s'être accumulé dans la boîte où il s'est enflammé, car il a été reconnu qu'un employé du service téléphonique travaillait non loin de là, et qu'il employait une lampe à souder pour ses réparations.

On admit dans la discussion que l'accident provenait des gaz échappés des tuyaux des défendeurs, et la question la plus importante était de savoir s'ils avaient été coupables de négligence en laissant cet échappement se faire librement. Une des parties avouait qu'il était impossible d'éviter une petite fuite par suite de l'ébranlement causé par le trafic dans les rues.

Cependant le jury a donné raison au plaignant. Le jugement dit qu'il fallait ventiler les caniveaux de téléphones de la même manière qu'on le fait pour les caniveaux des réseaux de distribution d'énergie électrique, et il a été reconnu que la Compagnie du gaz était aussi coupable de négligence.

C. D.

Téléphones de l'Industrie électrique :

Rédaction : Nos **812-89.**

Administration : Nos **704-44.**

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 mars 1905.

Sur les dangers de l'électricité atmosphérique pour l'aérostation et les moyens d'y remédier. — Note de M. A. Breydel. (*Extrait.*) — L'auteur propose de mouiller les cordages ou de les enduire, ainsi que l'enveloppe et la nacelle, d'une substance conductrice quelconque, et à l'atterrissage de laisser pendre attenant au guide-rope un câble bon conducteur terminé par un faisceau métallique.

Résultats d'une année d'étude de la conductibilité électrique de l'eau du Rhône à Lyon. — Note de M. M. Chanoz, présentée par M. d'Arsonval. — Une étude poursuivie depuis 1902 sur plus de 250 échantillons d'eaux minérales provenant de 104 stations différentes (¹) nous avait fait admettre les conclusions suivantes :

« Le point de congélation et la conductibilité électrique d'une eau minérale caractérisent suffisamment ce liquide pour le faire toujours reconnaître. Ces deux déterminations simultanées permettent de suivre dans le temps les variations que cette eau peut présenter à la source même ou subir du fait de l'embouteillage ou d'une altération quelconque (perte de gaz dissous et précipitation de corps en dissolution, action microbienne, etc.). »

Nous nous sommes proposé d'appliquer ces méthodes à l'étude physique de l'eau potable utilisée à la dose de 87 000 m³ environ par jour par les habitants de Lyon.

L'eau potable de Lyon provient du Rhône. Elle lui est empruntée en amont de la ville et, par suite, avant que le fleuve se soit enrichi des eaux de son important affluent : la Saône. Cette eau est naturellement filtrée horizontalement au travers de graviers, dans des puits et galeries, puis refoulée au moyen de machines à vapeur puissantes (1500 poncelets) dans des réservoirs de charge et un système de canalisation atteignant un développement d'environ 400 km.

Nos déterminations ont été faites de janvier 1904 à janvier 1905. Les prises d'essai ont été pratiquées presque chaque jour, à la même heure, à un robinet de fort débit ouvert depuis un quart d'heure environ. Des mesures faites sur des échantillons récoltés au même instant à des robinets distants de plus de 500 m, ou provenant du même robinet, mais à des heures différentes de la journée, ne nous ont donné, dans les essais entrepris à des époques diverses, que des différences assez faibles pour légitimer nos conclusions.

A. Le point de congélation, déterminé au 1/100ᵉ de degré, a été trouvé égal à — 0°,01. Il n'a pas varié de façon appréciable pendant l'année.

B. La conductibilité électrique a été déterminée au moyen d'un pont de Kohlrausch à téléphone, dans le voisinage de 18° C, et en adoptant le coefficient de température 0,025 par degré centigrade.

(¹) Chanoz et Doyon, *Point de congélation, conductibilité électrique et action hémolytique de quelques eaux minérales. Journal de physiologie et de pathologie générale*, mai 1903. — P. Vallier-Raynard, *Contribution à l'étude de quelques propriétés physiques des eaux minérales. Thèse de médecine de Lyon*, 1904.

Nous avons représenté par un graphique : *a*, l'étiage des eaux du Rhône vers le pont Morand ; *b*, la conductibilité électrique de ces eaux ramenée à 17°,2.

De l'examen de ces courbes découlent les faits suivants :

Si l'on ne tient pas compte de l'anomalie certaine, mais insuffisamment expliquée, qui a donné une conductibilité relativement faible le 11 juillet ($2,12 \cdot 10^{-4}$ mhos-cm), on constate que la conductibilité électrique de l'eau potable de Lyon a passé par un minimum en août et septembre ($2,60 \cdot 10^{-4}$ environ). Elle s'est élevée, à partir du mois d'octobre, pour atteindre son maximum en mars ($3,20 \cdot 10^{-4}$ mhos-cm).

La conductibilité est minimum pendant la saison d'été où le Rhône est alimenté surtout par la fonte abondante des glaciers.

Au moment des crues du fleuve, crues faibles cette année et déterminées principalement par la rivière d'Ain, la conductibilité électrique de l'eau s'est ordinairement abaissée brusquement.

En résumé, l'eau potable qui, dérivée du Rhône, alimente Lyon après filtration naturelle, a une minéralisation, indiquée par le point cryoscopique et la conductibilité électrique, relativement constante. Les valeurs limites de la conductibilité correspondent aux conductibilités des solutions de $NaCl$ voisines : 1,55 g et 1,85 g par litre.

Addendum. — Nous avons recherché ce qu'était, en amont et en aval de Lyon, la conductibilité de l'eau du Rhône. Voici les chiffres trouvés :

A la fin de janvier 1905, la conductibilité étant à Lyon de $2,92 \cdot 10^{-4}$ environ, on a trouvé les valeurs $2,82 \cdot 10^{-4}$ et $2,83 \cdot 10^{-4}$ pour des échantillons puisés au milieu du Rhône à 1 jour d'intervalle, à 60 km *en amont* de Lyon (bac de Montalien à Serrières-de-Briord).

Séance du 20 mars 1905.

Distribution et contrôle d'actions produites à distance par les ondes électriques. — Note de M. Édouard Branly, présentée par M. de Lapparent. — La télégraphie sans fil est l'application la plus simple des effets d'induction dus aux étincelles électriques, puisqu'elle consiste en une répétition d'un même mouvement d'attraction d'un contact d'électro-aimant, à intervalles convenablement réglés pour la distinction des signaux. Je me suis proposé de réaliser à une station de réception divers effets dans des circuits agencés à l'avance, puis de les supprimer, l'ordre de réalisation et l'ordre de suppression étant quelconques et ces deux ordres pouvant varier au gré de la station de transmission, sans qu'un opérateur ait jamais à intervenir à la station de réception, de telle sorte que les effets puissent avoir lieu dans un poste abandonné ou dans un bateau non monté.

Le modèle de démonstration que j'ai établi se comporte avec une parfaite régularité dans un laboratoire, mais l'expérience de la télégraphie sans fil démontre que son emploi n'offrirait pas de difficulté spéciale s'il s'agissait de la portée de la télégraphie sans fil elle-même. Je me limite à trois effets pour la simplicité de la description du dispositif : *entraînement d'un moteur électrique, incan-*

descence de lampes, explosion. La succession des effets est variable à volonté, par exemple : 1° mise en marche du moteur, allumage des lampes, explosion, extinction des lampes, arrêt du moteur; ou bien : 2° allumage des lampes, mise en marche du moteur, arrêt du moteur, explosion, extinction des lampes; ou une autre succession qui paraîtrait opportune, au moment même de la réaliser.

Les phénomènes sont arbitraires; ceux-ci ont été choisis sans motif spécial, ils peuvent être purement mécaniques; en particulier, ils pourraient consister en actions solidaires les unes des autres, constitutives par exemple du fonctionnement d'une machine complexe de travail ou de direction qu'il s'agirait de mettre en train à un moment donné.

La localisation de l'effet de l'étincelle du poste transmetteur sur un phénomène choisi dans un groupe installé au poste récepteur et le choix facultatif de l'ordre des phénomènes du groupe résultent de la construction du distributeur.

Distributeur. — Le distributeur consiste en un axe isolant sur lequel sont montés des disques métalliques qui frottent contre des balais et des ressorts pour le passage d'un courant électrique. L'axe est entraîné dans sa rotation par un mouvement d'horlogerie. Chaque disque est un interrupteur correspondant à un phénomène spécial qu'il provoque ou qu'il suspend.

Pour fixer les idées, considérons le disque des lampes à incandescence. Son bord latéral frotte constamment contre un balai. Sur son pourtour, sur un arc d'environ 90°, il offre un secteur d'un rayon un peu supérieur au reste de la circonférence; ce secteur presse sur une tige à ressort. Cette pression complète la fermeture d'un circuit que nous appellerons le *circuit d'allumage des lampes*, mais seulement quand le relais annexé au radioconducteur vient à agir. Il faut pour cela qu'une étincelle éclate au poste transmetteur pendant la fraction de tour où la pression s'exerce. Alors, bien que le relais n'ait agi que momentanément, l'incandescence persiste par le jeu d'un électro-aimant. Cette incandescence est alors soustraite à l'influence des étincelles du poste transmetteur. Elle n'est supprimée que si une étincelle vient à éclater au poste transmetteur quand le disque ferme de nouveau par pression le circuit d'allumage.

Pour nos trois phénomènes, nous avons ici trois disques, l'arc des secteurs de pression est d'environ 90° et ces secteurs touchent à tour de rôle leurs tiges à ressort respectives. Une étincelle du poste transmetteur ne peut provoquer que la fermeture d'un seul des trois circuits.

L'employé du poste de transmission sait qu'il est en mesure d'agir sur tel ou tel circuit à l'inspection d'une bande à dépêches d'un inscripteur Morse à radioconducteur qui se déroule sous ses yeux et reçoit un signal du poste de réception pendant les trois courts intervalles de 20° d'arc qui séparent les secteurs sur leur circonférence *complète* (circonférence projetée sur un plan perpendiculaire à l'axe); ces intervalles restent toujours libres de tout contact avec les tiges à ressort.

C'est dans l'intervalle compris entre les signaux 1 et 2 par exemple qu'une étincelle du poste transmetteur produira au poste récepteur l'allumage ou l'extinction des lampes: entre les signaux 2 et 3 aura lieu la mise en marche ou l'arrêt du moteur; entre les signaux 3 et 1 l'explosion. Les signaux résultent de la fermeture temporaire du circuit d'une bobine d'induction au poste de réception, cette fermeture ayant lieu par un disque qui offre 3 dents de formes différentes respectivement intercalées entre les secteurs sur la circonférence complète de projection.

Le radioconducteur et son frappeur, le relais et les accessoires sont enfermés dans une cage métallique grillagée; cette cage protège leur circuit de l'induction des étincelles qui éclatent dans leur voisinage pour signaler la position des secteurs. Au moment des étincelles, l'antenne se trouve par le mouvement même de l'axe reliée à la bobine tandis qu'elle passe au circuit du radioconducteur lorsque les secteurs pressent sur les tiges à ressort.

Contrôle. — Le radioconducteur employé est un *trépied-disque*, bien préparé, qui n'est pas sujet à des défaillances; en outre si, par inadvertance, l'étincelle du transmetteur consiste en deux ou trois étincelles très rapprochées, bien que le radioconducteur y obéisse, les appareils de déclenchement ont assez de lenteur pour qu'il n'y ait pas renversement immédiat du phénomène produit. Il y a cependant intérêt à savoir au poste transmetteur si l'effet a eu lieu au poste récepteur, surtout s'il s'agit d'actions solidaires où un second phénomène peut causer des désordres lorsque le premier a fait défaut.

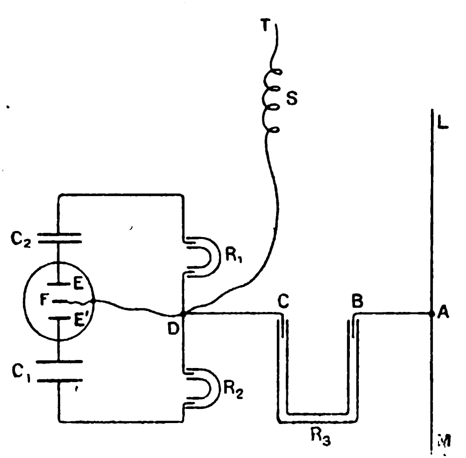
Le contrôle se fait par un nouveau disque à dent unique annexé à chaque phénomène; cette dent se trouve placée dans l'échancrure de 30° réservée aux signaux indicateurs de la position des secteurs à pression. Cette dent donne à l'aide de la bobine un signal qu'on intercale dans celle des échancrures où l'on a le plus d'intérêt à la voir, il persiste à chaque tour tant que le phénomène correspondant n'a pas disparu.

Dans mon premier modèle, la rotation de l'axe porteur des disques se fait en 36 secondes, soit 12 secondes par tiers de circonférence. Un secteur presse sa tige à ressort pendant 9 secondes et 3 secondes correspondent à une échancrure. On dispose donc de 9 secondes pour faire éclater une étincelle au poste transmetteur et pour réaliser le passage sur la bobine d'induction de l'antenne du Morse. L'appareil Morse du poste transmetteur est protégé par une cage métallique grillagée.

Le dispositif qui vient d'être décrit est un simple dispositif de démonstration, on conçoit que les appareils industriels exigeraient des modifications.

Sur la variation du pouvoir inducteur spécifique du verre avec la fréquence. — Note de MM. André Broca et Turchini, présentée par M. H. Becquerel. — Dans une série de mesures relatives aux courants de haute fréquence, nous avons eu besoin de capacités susceptibles d'être connues à 1/10 près environ de leur valeur, pour des fréquences variant approximativement entre 10^5 et $3 . 10^6$ par seconde. N'ayant pu employer des condensateurs à air, qui auraient été trop coûteux et trop encombrants, nous avons dû employer des bouteilles en verre, mais il fallait savoir comment variait leur capacité avec la fréquence. Pour cela, nous avons employé la méthode suivante :

Un point A du circuit LM, parcouru par un courant de fréquence connue, est mis en communication avec le circuit AB... Le conducteur ABCD se divise en D, et deux dérivations se rendent aux armatures de deux condensateurs C et C_1. C_1 est un condensateur à air formé de deux plans dont on peut faire varier la distance au moyen d'une vis. C est un condensateur formé de deux feuilles de papier d'étain collées sur un échantillon du verre employé pour les bouteilles. Les deux autres armatures des condensateurs C et C_1 sont respectivement en contact avec les plateaux fixes P et P' d'un électromètre de Hankel, dont la feuille d'or F est en communication avec la



cage de l'appareil et avec le point D. La feuille d'or reste en équilibre si tout est symétrique; elle dévie au contraire, si les deux capacités C_1 et C ne sont pas égales. On ne peut jamais avoir un électromètre exactement symétrique. Dans ce cas, l'équilibre sera établi quand les capacités C et C_1 seront dans un rapport constant.

Le circuit L, dans la plupart des expériences, est parcouru par un courant de haute fréquence, dû à une bobine d'induction. Le potentiel en A subit donc d'abord une variation relativement lente due à l'ascension du potentiel avant l'éclatement de l'étincelle active, puis la variation correspondant au courant de haute fréquence. On peut éliminer l'effet de la première cause en mettant le point D à la terre par l'intermédiaire d'une self-induction assez grande (secondaire d'une bobine d'induction de 70 cm d'étincelle). Dans ces conditions, la perturbation lente du début ne sera pas arrêtée par la self-induction, au lieu que les oscillations de haute fréquence seront arrêtées et chargeront l'électromètre. On vérifie que, quand l'éclatement de l'étincelle active n'a pas lieu, la feuille d'or ne bouge pas, quelle que soit la distance des deux armatures du condensateur C_1 même quand elles sont au contact. Au contraire, dès que la décharge de haute fréquence a lieu, il faut régler convenablement la capacité C_1 pour établir l'équilibre.

L'expérience montre que, quand la fréquence varie entre les environs de 10^5 et ceux de $3 . 10^6$ par seconde, la valeur de la capacité C_1 qui équilibre la capacité C ne varie pas assez pour permettre une mesure, au moins avec la sensibilité que présentait l'appareil assez grossier dont nous nous sommes servis. Cependant, l'observation de la feuille d'or F au microscope permet de voir un mouvement extrêmement petit, mais non mesurable, indiquant que le pouvoir inducteur spécifique du verre décroit très légèrement pour les fréquences croissantes dans les limites indiquées.

On pouvait penser que ce résultat était dû aux oscillations propres du système ABC..., excitées par les courants de haute fréquence. Pour nous assurer qu'il n'en était pas ainsi, nous avons intercalé des résistances R_1, R_2, R_3 formées de tubes de verre remplis d'eau du robinet, et nous avons vu que l'introduction ou la suppression de ces résistances ne modifiait en rien l'équilibre. La résistance R_3 était de 150 000 à 200 000 ohms, R_1 et R_2 de 20 000 à 30 000 chacune et à peu près égales.

Pour avoir l'allure de la courbe de variation du pouvoir inducteur avec la fréquence, nous avons opéré avec des fréquences plus basses en supprimant la mise à terre. Nous avons ensuite excité le point A d'abord avec les oscillations de Mouton de la bobine (environ 1/500e de seconde), puis avec le potentiel alternatif à 42 périodes obtenu en excitant la bobine avec le courant du secteur, puis avec une perturbation durant environ 0,1 seconde. Nous avons eu les résultats suivants :

Durée de la charge en seconde.	Écartement des plateaux en mm.
0,1	5,5
0,0238	7,0
0,005 environ	9,0
0,00001	10,5

Pour 1 microseconde, on peut apprécier par la déviation de la feuille d'or qu'on aurait environ 10,7 mm.

Cette méthode pourrait être rendue très précise en effectuant les corrections relatives à la limitation des plateaux, et elle se prêterait à des mesures absolues, même avec de très petits échantillons de la substance à étudier, en ayant deux condensateurs réglables C_1 et C_2, tarant avec C_1 le condensateur C, et substituant à celui-ci le condensateur C_2.

En résumé, on peut utiliser pour produire des courants de haute fréquence de période calculable, des bouteilles de Leyde en verre à condition d'introduire dans les formules une capacité environ moitié de celle mesurée pour des charges d'environ 0,1 seconde, et les 0,7 de la capacité mesurée en employant la fréquence d'un secteur alternatif ordinaire.

La première mesure peut se faire balistiquement, en mesurant le potentiel à l'électromètre absolu de Thomson. La seconde peut se faire, d'après une idée qui nous a été suggérée par M. Villard, en chargeant la capacité à mesurer au moyen du courant alternatif transformé au moyen d'une bobine d'induction, et mesurant d'une part la tension efficace aux bornes du condensateur avec l'électromètre absolu, et, d'autre part, l'intensité efficace de charge au moyen d'un milliampèremètre à courants alternatifs.

Sur le coefficient d'aimantation spécifique et la susceptibilité magnétique des sels. — Note de M. Georges Meslin, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Sur l'ionisation produite entre des plateaux parallèles par l'émanation du radium. — Note de M. William Duane, présentée par M. A. Potier. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 27 mars 1905.

Électromètre à sextants et à aiguille neutre. — Note de M. Guinchant, présentée par M. Haller. — Les difficultés que l'on rencontre, dans l'électromètre à quadrants, pour charger l'aiguille tout en lui conservant une grande mobilité et un zéro fixe, m'ont engagé à chercher un dispositif permettant de faire agir les forces électriques par influence seulement sur l'aiguille mobile. Celle-ci peut alors être suspendue par un fil de cocon qui l'isole complètement ou par un fil de soie artificielle qui la maintient au potentiel du crochet de suspension. Le couple directeur sera donné soit par une suspension bifilaire, soit plutôt par un minuscule barreau aimanté permettant de faire varier la sensibilité au moyen d'un aimant directeur.

Les secteurs reliés aux sources d'électricité sont au nombre de six, placés dans un même plan au-dessous de l'aiguille; les secteurs opposés par le sommet sont reliés entre eux. Les deux secteurs centraux, de grande surface, constituent une sorte de 8 évasé autour du centre et couvrent un angle d'environ 80°; de part et d'autre sont situés, à une très faible distance, des secteurs plus petits couvrant chacun un angle moitié moindre. Au-dessus du plan des secteurs se trouve l'aiguille formée par une lame de mica argentée, dont la rigidité est assurée par quatre étroites bandes de mica collées de champ. Elle recouvre la totalité des secteurs centraux et le tiers environ des secteurs latéraux. Des palettes de mica produisent l'amortissement.

La théorie de cet instrument est exactement la même que celle de l'électromètre à quadrants; elle conduit à la même formule. On peut considérer un secteur latéral, l'aiguille et la moitié d'un secteur central comme formant un système de deux condensateurs en cascade. Soient $2C$ la capacité constante d'un secteur central et de l'aiguille, c, c' les capacités des secteurs latéraux avec l'aiguille. Les capacités des systèmes formés par la moitié du secteur central et chaque paire de secteurs latéraux seront :

$$\gamma = \frac{Cc}{C+c}, \qquad \gamma' = \frac{Cc'}{C+c'}.$$

Lorsque l'aiguille aura tourné d'un angle α, les forces électrostatiques produiront un couple dont le moment, égal au quotient d'un travail virtuel par le déplacement angulaire, sera :

$$\frac{1}{2} d\gamma \frac{(V-v)^2}{d\alpha} + \frac{1}{2} d\gamma' \frac{(v'-V)^2}{d\alpha},$$

or,

$$d\gamma = \frac{C^2}{(C+c^2)} dc, \qquad d\gamma' = \frac{C^2}{(C+c')^2} dc'.$$

Mais dc et dc' sont proportionnels à $d\alpha$,

$$dc = - dc' = k \frac{R^2}{e} d\alpha,$$

R, étant le rayon de l'aiguille et e sa distance aux secteurs. Comme C est beaucoup plus grand que c et c', et comme d'autre part les déviations sont faibles à partir de la position de repos pour laquelle $c = c'$, on peut considérer comme égaux les rapports $\frac{C}{c}$ et $\frac{c'}{C}$. En désignant par k le couple de torsion, l'équation d'équilibre devient :

$$k\alpha = \frac{k}{2} \frac{R^2}{e} \frac{C^2}{(C+c)^2} [(V-v)^2 - (v'-V)^2],$$

$$\alpha = A(v'-v)\left(V - \frac{v+v'}{2}\right).$$

Le modèle d'étude que j'ai construit moi-même sur ce principe donne une déviation de 310 mm par volt sur une échelle à 1 m avec une pile de charge de 200 éléments volta. Le couple directeur était donné par un fragment d'acier aimanté, sans aimant compensateur. La distance de l'aiguille au plan des secteurs était de 2,5 mm.

J'ai vérifié les conséquences de la formule théorique. En doublant le nombre des éléments de charge, en dressant les sextants et l'aiguille avec assez de précision pour pouvoir diminuer de moitié leur distance, je ne doute pas d'obtenir sans difficulté une déviation de 1 mm par millivolt sur une échelle à 1 m.

M. I.-A. Melnikov adresse une Note sur un appareil destiné à expliquer *L'aurore boréale, le magnétisme terrestre et l'électricité atmosphérique.*

M. A. Leys adresse une note *Sur le mercuriacétate de résorcine mercurique et de phloroglucine triacétomercurique.*

M. H. Pécheux adresse une Note *Sur les résistivités de quelques alliages d'aluminium.*

Séance du 3 avril 1905.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 10 avril 1905.

Sur le diamagnétisme du bismuth. — Note de M. A. Leduc, présentée par M. Lippmann. — On sait qu'un bâtonnet cylindrique de bismuth convenablement suspendu entre les pôles d'un électro-aimant s'oriente équatorialement, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction du champ magnétique.

Cependant Faraday a constaté qu'un fragment de bismuth ne s'oriente pas toujours de manière que sa plus grande dimension soit perpendiculaire aux lignes de force.

L'influence de la cristallisation, qui se manifeste ainsi, a été mise en évidence par les expériences de Plücker sur divers cristaux et expliquée par celles de Tyndall et Knoblauch sur les poudres magnétiques ou diamagnétiques (1848 à 1851).

Quoique le bismuth appartienne au système cubique, il paraît certain qu'une sphère taillée dans un cristal de

ce métal s'orienterait dans le champ, les lignes de plus grand tassement tendant à se placer équatorialement. Il est probable d'ailleurs que, conformément aux idées émises par M. P. Weiss([1]) à propos de ses expériences sur la magnétite cristallisée, ces lignes sont les axes ternaires.

Mais il serait peut-être difficile de tailler une sphère dans un cristal de bismuth.

Voici une expérience en quelque sorte réciproque, beaucoup plus facile à réaliser, et que j'ai faite en 1886, alors que j'étudiais les propriétés du bismuth dans le champ magnétique.

J'ai pensé que si l'on faisait cristalliser du bismuth dans le champ, chaque cristal tendrait à s'orienter, au moment de sa formation, comme il le ferait ensuite s'il était isolé. Et, comme il en serait de même dans toute la masse cristalline, l'intervention du champ aurait pour effet de déterminer dans sa propre direction un *tassement minimum*, c'est-à-dire un *maximum de perméabilité*.

Ces prévisions furent réalisées de la manière suivante :

Je remplis de bismuth fondu plusieurs petits ballons de verre aussi sphériques que possible, de 2 cm de diamètre environ, placés dans le champ intense produit par un électro-aimant horizontal de Faraday (4000 à 5000 C. G. S.). Le métal cristallise dans ce champ.

Chacune des sphères de bismuth solide ainsi obtenue peut être suspendue ensuite dans ce même champ au moyen d'un fil fixé à un bouchon que l'on enfonce dans le col du petit ballon où elle a été moulée. *Elle reprend alors l'orientation qu'elle avait au moment de sa solidification*, et si, en l'absence du champ, on lui imprime un mouvement de rotation en tordant le fil, elle s'arrête rapidement si l'on excite le champ, dans une position telle que *la direction de perméabilité maxima soit confondue avec celle du champ.*

Il est bien probable qu'on obtiendrait le même résultat si l'on pouvait faire cristalliser ainsi dans un champ magnétique intense de la magnétite, par exemple, ou de la pyrrhotine, ou toute autre substance magnétique ou diamagnétique.

Contribution à l'étude de l'ionisation dans les flammes. — Note de M. PIERRE MASSOULIER, présentée par M. J. Violle. — J'ai déjà montré ([2]) que les flammes d'éther sont le siège d'une ionisation en volume intense. J'ai fait voir, en outre, que cette ionisation dépend non seulement de la température, mais aussi des réactions chimiques qui se produisent dans la flamme.

C'est pour mettre ce dernier point plus nettement en évidence que j'ai introduit du gaz carbonique dans mes flammes. J'ai pu observer ainsi un abaissement très notable de la température et, simultanément, un accroissement considérable de l'intensité du courant recueilli sous voltage constant.

Par exemple, j'ai opéré sous 88 volts avec des électrodes à 2 mm l'une de l'autre et à 2 cm au-dessus du bec. La flamme bleue était obtenue par la combustion d'un courant d'air de 80 litres à l'heure saturé de vapeur d'éther. En mélangeant à cet air du gaz carbonique j'ai observé les faits suivants :

Débit de CO^2.	Électrodes.	Courant ([2]).
0	orangé clair	11
9 litres à l'heure	—	21
18 —	orangé	31
36 —	rouge	41
45 —	rouge sombre	35
66 —	noir	33

Ces résultats s'interprètent immédiatement en admettant que le gaz carbonique se dissocie dans la flamme et que : 1° cette dissociation, en absorbant de la chaleur, abaisse la température du milieu; 2° qu'elle fournit un appoint très important à la production des ions puisque le courant devient trois fois plus intense malgré la diminution très notable des mobilités liée à l'abaissement de température et malgré l'accroissement de vitesse du courant gazeux qui permet à un plus grand nombre d'ions d'échapper à l'action du champ.

Ces phénomènes paraissent bien devoir être rattachés à la dissociation du gaz carbonique, car, si on le remplace par un autre gaz non susceptible de se dissocier, de l'air par exemple, l'effet produit est tout autre : en augmentant progressivement de 52 litres à l'heure le débit de l'air, la température varie fort peu et paraît plutôt s'élever tandis que le courant baisse et tombe à 4.

Je me propose, d'ailleurs, de préciser et d'étendre ces recherches sur les relations qui peuvent exister entre les phénomènes chimiques et la dissociation.

Sur la variation de la différence de potentiel au contact des dissolutions miscibles d'électrolytes. — Note de M. M. CHANOZ, présentée par M. d'Arsonval. — *Préliminaires.* — Considérons deux liquides A et B miscibles et amenés au contact directement.

1° Supposons que A est une dissolution aqueuse d'un électrolyte pur non hydrolysable et B de l'eau distillée. Pour passer de A à B on rencontrera des couches de transition dont la teneur en corps dissous diminuera régulièrement jusqu'à zéro, quelle que soit l'épaisseur de ces couches intermédiaires. Par suite la différence de potentiel $U_A - U_B$ (intégrale des différences de potentiel partielles au contact des couches successives intermédiaires) sera toujours la même, indépendante de la façon dont se fera le contact A, B.

2° Si A et B sont des dissolutions aqueuses de corps purs différents ou si, A étant de l'eau pure, B est une dissolution d'un mélange de deux corps, il n'en sera pas nécessairement ainsi. On peut en effet imaginer que les couches de transition différeront de composition suivant que l'on aura laissé agir la seule diffusion ou que l'on provoquera un mélange au niveau de la zone de séparation.

Expériences. — Voici les premiers résultats de nos recherches expérimentales sur ce sujet.

A. On dispose la chaîne suivante, symétrique pour les concentrations,

$$Zn \mid SO^4Zn \mid SO^4Na^2 \overset{(I)}{\mid} H^2O \overset{(II)}{\mid} SO^4Na^2 \mid SO^4Zn \mid Zn.$$

([1]) *Journal de physique*, 2e sér., t. V, 1896, p. 435.
([2]) *Comptes rendus*, 23 janvier et 6 mars 1905.

([2]) 1 mm représente $2,10^{-8}$ ampère.

Tous les contacts liquides, sauf (I), ont lieu par superposition suivant les densités, sans précautions spéciales.

Le contact SO^4Na^2 (I) | H^2O se produit en faisant écouler SO^4Na^2 par un tube de verre étroit dans une grande masse d'eau distillée.

Dans ces conditions, SO^4Na^2 étant pur, on ne constate aucune différence de potentiel dans le circuit.

Cela vérifié les deux chainons SO^4Na^2 symétriques sont remplacés par SO^4Na^2 contenant des traces de SO^4H^2 (dissolution de densité 1007 contenant par litre 0,50 g environ de SO^4H^2).

Si les contacts (I) et (II) sont obtenus par simple superposition sans précaution spéciales, on n'a pas de différence de potentiel. Mais dès que l'écoulement se produit, le côté SO^4Na^2 mobile devient négatif.

L'expérimentation nous a démontré :

1° Que le phénomène, dans de certaines limites, est indépendant de la pression. Il n'est donc pas comparable au phénomène de Quincke pour l'écoulement de l'eau dans des tubes;

2° Que le courant électrique développé suit la loi de Ohm. Il s'agit donc d'une véritable force électromotrice.

Cette force électromotrice n'est pas négligeable; elle atteint environ 56 millivolts pour la solution dont nous avons parlé.

B. L'expérience suivante, faite avec SO^4Cu commode à étudier à cause de sa couleur, prouve que *le phénomène observé est lié à l'existence d'une surface nette de séparation créée par l'écoulement.*

Dans un flacon cylindrique on superpose et fait arriver à volonté une dissolution de SO^4Cu et de l'eau distillée. Un tube de vidange étroit, muni d'un robinet, a son ouverture horizontale située à l'intérieur, dans le plan de séparation des deux liquides. En ouvrant ce robinet on peut donc renouveler les couches avoisinant la surface de séparation.

La chaine

$$Zn \mid SO^4Zn \mid SO^4Cu \mid H^2O \mid SO^4Cu \mid SO^4Zn \mid Zn$$

étant complétée et réunie à l'électromètre, on constate ce qui suit :

Avant l'ouverture du robinet les deux contacts H^2O | SO^4Cu obtenus de la même façon par superposition des mêmes liquides sont comparables. Il n'y a pas de différence de potentiel dans le circuit. On ouvre le robinet. La surface de séparation correspondante, facile à observer à cause de la coloration bleue de SO^4Cu, devient tranchée. Le côté SO^4Cu attenant à cette surface se montre négatif : c'est aussi le signe que prend SO^4Cu dans l'expérience où on le fait s'écouler dans une grande masse d'eau distillée.

La différence de potentiel augmente avec la netteté plus grande de la surface de séparation. Elle atteint un maximum qui est très voisin de la valeur constatée dans le cas de l'écoulement d'un filet de la dissolution dans l'eau pure.

C. Si l'on arrête l'écoulement du robinet de vidange, en évitant le brassage des liquides, on constate que la différence de potentiel diminue lentement en persistant plusieurs heures, même après que la diffusion très visible de SO^4Cu a supprimé la netteté de la surface de séparation.

Ce fait intéressant constaté avec un sel dit pur, du commerce, nous amena cependant à penser : 1° que SO^4Cu employé était légèrement acide et que 2° *le phénomène observé dans nos expériences était dû à la diffusion plus rapide des traces de* SO^4H^2 *contenu dans la dissolution saline, acide qui, dans le cas de formation d'une surface fraîche de séparation, pouvait donner une couche nouvelle intermédiaire entre* H^2O *et la dissolution saline.*

Les expériences suivantes prouvent qu'il en est bien ainsi.

a. La dissolution de SO^4Cu, qui donnait par écoulement dans l'eau une différence de potentiel de 60 millivolts, est agitée quelques instants avec l'eau de baryte. Le liquide décanté ne donne plus que quelques millivolts.

b. Ce liquide devenu presque inactif est additionné de traces de SO^4H^2. L'expérience d'écoulement donne une forte différence de potentiel.

c. On fait des chaînes liquides à contacts immobiles obtenus sans précautions spéciales.

La chaine SO^4Cu acide | H^2O | SO^4Cu acide, on le sait, ne donne pas de différence de potentiel dans le circuit.

La chaine SO^4Cu acide | SO^4H^2 dilué | H^2O | SO^4Cu acide montre une différence de potentiel de même ordre de grandeur que celle constatée dans les expériences décrites, et le côté SO^4Cu attenant à l'acide est négatif. C'est donc la vérification de l'hypothèse faite. Une autre preuve indirecte est fournie par cette dernière expérience.

d. On provoque d'un côté d'une chaine symétrique, l'écoulement dans H^2O de SO^4Na^2 contenant des traces de NaOH. Ce côté devient *positif*; il était *négatif* quand SO^4Na^2 renfermait des traces de SO^4H^2.

Ces recherches se continuent dans le laboratoire de M. Gouy. Nous en ferons connaître les résultats.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Assemblée générale du 5 *avril* 1905.

La séance est ouverte à 8h 35m, sous la présidence de M. Pollard, président.

Après la lecture de divers rapports sur la gestion administrative de la Société, l'ordre du jour appelle les communications techniques.

En premier lieu, M. Lauriol rend compte des essais effectués à l'usine des Halles sur les **Lampes à incandescence de 110 et de 220 volts** en vue de fournir des documents à la Commission chargée de préparer le régime futur de l'électricité à Paris. Ces essais ont porté sur des lampes de 5, 10 et 16 bougies pour 110 et 220 volts. Une première mesure a été faite pour éliminer les lampes qui n'étaient pas semblables entre elles, les autres ont été laissées 200 heures sur des accumulateurs et photométrées ensuite. Les résultats groupés dans des graphiques montrent qu'il n'y a pas de loi bien nette, on a cependant observé que la lampe de 220 volts présente une infériorité marquée.

D'autres observations relatives à la constance avec le temps ont montré que, chez certains constructeurs, les lampes diminuaient très vite d'éclat, ce qui tendrait à prouver qu'elles étaient poussées. On a remarqué d'autre part qu'il y a en général une très grande différence entre l'intensité lumineuse réelle et celle lue sur l'étiquette, l'écart varie entre 1 et 2.

Dans le même ordre d'idées, M. Janet présente ensuite une communication sur des **Essais comparatifs sur les lampes de 110 et de 220 volts** exécutés au Laboratoire central d'électricité. Les mesures ont été faites sur 260 lampes de 5, 10 et 16 bougies à 110 et 220 volts provenant de 5 constructeurs différents. Les essais ont porté sur 200 heures de fonctionnement; ils ont été conduits de la façon suivante :

Les lampes par groupes de 10 ont été subdivisées en deux groupes de 5 lampes; le premier a été essayé sur du courant continu, le deuxième sur le courant alternatif du secteur présentant des variations de 6 pour 100.

Au début, on a photométré toutes les lampes; si aucune d'elles n'avait sauté, chaque groupe de 5 lampes aurait dû fournir $200 . 5 = 1000$ lampes-heures, mais en réalité on n'a obtenu que n lampes-heures; en sorte que le rapport $\frac{n}{1000} = k$ donne une idée sur la qualité de chaque groupe au point de vue de la durée. C'est ainsi que pour les lampes de 110 volts, $k = 0{,}985$, et pour les lampes à 220 volts, $k = 0{,}876$; ou, en langage plus clair, 20,8 pour 100 des lampes à 220 volts ont brûlé avant l'achèvement des 200 heures contre 3,6 pour 100 seulement de lampes à 110 volts. L'avantage en faveur de ces dernières est donc bien nettement marqué.

En calculant le nombre total de lampes-heures des deux groupes de lampes, on trouve que les lampes auraient une tendance à mieux se conserver sur le courant alternatif que sur le courant continu; cependant le nombre trop restreint d'essais ne permet pas encore de se prononcer catégoriquement.

M. Janet met sous les yeux de la Société des tableaux montrant les variations d'intensité lumineuse et de consommation avec le temps pour les lampes à 110 volts et pour celles à 220 volts. Ces tableaux sont encore nettement à l'avantage de la tension de 110 volts; ils se résument de la façon suivante :

Les lampes à 110 volts ont consommé en moyenne 3,62 watts par bougie au début et 3,87 watts par bougie à la fin des essais. Les lampes à 220 volts consomment 4,4 watts par bougie au début et 5,19 watts par bougie à la fin.

M. le Président remercie MM. Lauriol et Janet de leurs intéressantes communications, et donne la parole à M. Blondin qui présente, au nom de M. Blondel empêché, une communication sur l'**Influence des propriétés de l'arc électrique sur les phénomènes oscillatoires des réseaux**.

M. Blondel pense que l'arc électrique peut être la source d'oscillations forcées. Supposons, comme le dit M. Blondin, qu'un défaut se produise en un point d'un câble concentrique; un arc va s'amorcer; mais, de même que dans l'arc chantant, il pourra s'éteindre et se ré-amorcer. Il en résultera des oscillations à haute fréquence sur le réseau. Pour avoir une idée des surtensions qui peuvent ainsi se produire, M. Blondel a procédé à une série d'essais dans son laboratoire avec un condensateur de 14 à 16 microfarads, un appareil d'utilisation présentant de la self et un arc.

Il plaça des oscillographes en différents points du circuit et releva les courbes obtenues simultanément dans trois parties du réseau ainsi constituées. Il a pu voir ainsi que, pendant les allumages de l'arc, les oscillations de la différence de potentiel aux bornes de l'arc ne donnent pas de surtensions, mais qu'il s'en produit quand l'arc s'éteint. M. Blondel conclut qu'il peut exister au moment de la rupture d'un arc des oscillations forcées pouvant causer des surtensions dont la valeur (d'après le calcul) ne doit pas dépasser *deux fois* la tension normale. En somme, ces surtensions ne seront jamais dangereuses.

Après quelques observations de MM. Brylinski et Boucherot, M. le Président proclame le résultat du scrutin qui a réuni 267 suffrages. Sont nommés : *président* pour l'exercice 1906-1907, M. Maurice Leblanc; *vice-présidents*, MM. Brylinski et Grosselin; *secrétaire général*, M. Armagnat; *secrétaires*, MM. Courtois et Marius Latour.

M. Pollard, président sortant, après le discours d'usage, invite à s'asseoir au fauteuil de la présidence M. Bouty, président pour l'exercice 1905-1906, lequel remercie la Société de l'avoir appelé à cette haute fonction et lève la séance à $10^h 20^m$.

A. S.

BIBLIOGRAPHIE

Étude pratique des Courants alternatifs simples et polyphasés, par H. Chevallier. — *Ch. Béranger*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 24 × 16 cm; 360 pages. Prix : 15 fr.

D'ordre et d'importance tout à fait différents du précédent, cet ouvrage ne lui cède en rien comme qualité et n'en est pas moins, à mon sens, un des meilleurs qui aient été produits sur les courants alternatifs. Il justifie une fois de plus la réputation si légitime et de si bon aloi que se font nos Universités, Facultés et Écoles industrielles de province. Sous leur intelligente direction, le sens pratique ne peut que se développer rapidement pour le plus grand bien de la science et de ses applications et fournir à notre industrie une nombreuse pléiade de précieux collaborateurs. Puissent, dans l'intérêt de tous, ces jeunes adeptes comprendre l'importance et la hauteur de leur mission ainsi limitée et ne pas aspirer à des titres plus pompeux où ils trouveront, malgré les apparences, plus de déboires et de concurrence.

Dégagé des abstractions et démonstrations mathématiques élevées, cet ouvrage présente avec une remarquable simplicité les phénomènes si complexes du courant alternatif et en met à la portée des lecteurs, sous-ingénieurs, contremaîtres, artisans, ouvriers et amateurs, ce

qu'ils en peuvent et doivent savoir pour satisfaire leurs louables aspirations d'instruction ou de curiosité.

Sous-directeur du Laboratoire d'Électricité industrielle à la Faculté des Sciences de Bordeaux et suppléant de M. Gossart, professeur de Physique expérimentale à l'Université de la même ville, dont nous avons eu déjà l'occasion d'apprécier la haute valeur, l'auteur parle, comme le dit son chef dans la préface qu'il a voulu écrire lui-même de son livre, en expérimentateur qui, ayant passé de longues heures à combiner les phénomènes qu'il décrit, sait bien choisir et mettre en lumière les plus démonstratifs, en praticien qui connaît les problèmes de l'Usine et sait les résoudre, qui, par goût, connaît à fond et a comparé tous les appareils de mesures avant d'en parler et qui s'adresse, en praticien, à de futurs praticiens dont il veut être bien compris. On ne saurait en faire un meilleur éloge, en attendant qu'un style un peu plus châtié scientifiquement et littérairement permette d'en dire qu'il a réalisé un excellent résumé pratique des *principales applications industrielles des courants alternatifs*, sous-titre de son ouvrage. E. Boistel.

La Bobine d'induction, par Armagnat. — *Gauthier-Villars*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 23 × 14 cm ; 225 pages. — Prix, cartonné, 5 fr.

S'il appartenait à quelqu'un de publier, dans une de nos nombreuses petites collections scientifiques, la « Bibliothèque générale des Sciences », quelque chose sur la Bobine d'induction, c'était certainement à l'un des collaborateurs des anciens Ateliers Ruhmkorff, son inventeur, aujourd'hui Ateliers Carpentier, et particulièrement au savant (donc modeste) et distingué Chef du Bureau des mesures électriques de cette maison qui a déjà largement contribué à son étude par de nombreux articles publiés dans les journaux électriques.

Il peut sembler singulier *à priori* qu'on puisse écrire tout un volume sur un sujet d'aussi simple apparence; mais, outre qu'il y a volume et volume, il suffit de parcourir le dernier chapitre de cette œuvre entièrement dévolu à la Bibliographie y relative pour voir que ladite bobine, sa théorie, son étude, ses perfectionnements et ses applications ont suscité partout de nombreux travaux dans le monde scientifique et de la part des plus grands électriciens comme de celle des vulgarisateurs les plus connus.

Les huit chapitres dont se compose le volume, en plus de l'Introduction, de l'Histoire et de la Bibliographie, sont marqués au bon coin de la méthode et du sérieux qu'apporte l'auteur à ce qu'il fait. Nous les rencontrons dans l'ordre suivant : Théorie; — Interrupteurs mécaniques et électrolytiques; — Courant secondaire; — Puissance et rendement des bobines; — Construction d'icelles; — Interrupteurs; — Dispositifs spéciaux; — et Applications.

Éditée avec le soin habituel et attrayant de la maison Gauthier-Villars, cette publication mérite toutes les sympathies. — Elles ne lui feront pas défaut.

E. Boistel.

Manuel de l'Ouvrier tourneur et fileteur, par J. Lombard. — *Vve Ch. Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format: 210 × 135 mm ; 220 pages. — Prix : 4,50 fr.

Simple carte de remerciements à l'éditeur qui a bien voulu nous adresser ce petit volume, ces quelques lignes de signalement ne s'adressent guère en apparence qu'à nos lecteurs amateurs de tour (il y en a) et à ceux qui dirigent des ateliers de construction. L'auteur a cru devoir cependant faire précéder l'objet même de son livre d'une première partie contenant les notions scientifiques (d'arithmétique, de géométrie et de mécanique) nécessaires à ses élèves, comme chef d'atelier à l'École nationale d'Arts et Métiers de Lille. A ce titre il tomberait un peu sous notre critique; mais nous nous en abstiendrons en engageant seulement les maîtres de sciences à ne pas le mettre entre les mains de qui de droit sans en rectifier et préciser certaines données sur lesquelles, plus que personne, a besoin d'avoir des idées justes et exactes la très intéressante et sympathique catégorie de disciples à laquelle il s'adresse. Cette nécessité s'impose d'autant plus que le livre est d'un aspect plus séduisant pour les intéressés. E. Boistel.

Précis de la Théorie du magnétisme et de l'électricité, par A. Nouguier. — *Ch. Béranger*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 24 × 16 cm ; 400 pages. Prix, relié, 12,50 fr.

Dans un tout autre ordre d'idées, mais sans que la comparaison puisse en rien blesser qui que ce soit, cet ouvrage me rappelle, par son esprit, le « Cours de Mathématiques de C. Bourlet, à l'usage des élèves-architectes et ingénieurs ». Bien pénétré, par expérience, des connaissances magnétiques et électriques nécessaires aux « Ingénieurs et aux Candidats aux Écoles et Instituts électrotechniques », frappé d'ailleurs de l'immense quantité de choses à côté qui embarrassent la route de qui veut se tenir au courant des travaux et progrès électrotechniques et du manque absolu d'homogénéité et d'unité dans les doctes monuments scientifiques à sa disposition, l'auteur de ce volume s'est très ingénieusement et charitablement donné à tâche d'extraire de tous, sans avoir la prétention d'innover en quoi que ce soit, ce qu'il est indispensable à un ingénieur de connaître des théories en question pour aborder l'étude un peu complète de l'électrotechnique industrielle si remarquablement exposée aujourd'hui dans nombre d'ouvrages justement appréciés.

Il a donc résumé en un ensemble aussi homogène que possible, bien dénommé « Précis », la substance des œuvres de nos savants.

Ancien élève de l'École polytechnique, capitaine d'artillerie, et ancien élève également de l'École supérieure d'Électricité, il ne saurait être soupçonné d'ailleurs d'avoir trop sacrifié aux vues pratiques qui doivent finalement guider l'ingénieur; aussi devra-t-il encore se perfectionner de ce côté et s'homogénéiser un peu plus lui-même avant qu'on puisse qualifier d'excellent un livre déjà très bon. E. Boistel.

Notions d'Électricité, par Jacques Guillaume. — *Gauthier-Villars*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 23 × 14 cm; 350 pages. Prix : 7,50 fr.

Heureusement que, très loyalement, l'auteur a fait précéder son nom de son prénom en toutes lettres; autrement, celui de l'éditeur aidant, on aurait pu attribuer à ce livre une origine au sujet de laquelle il importe d'éviter toute confusion. *Notions* d'électricité est d'ailleurs bien modeste (*vagues* notions eût cependant été encore plus vrai) et cette modestie même désarme un peu la critique.

On peut cependant bien se demander comment, dans certaines conditions et sans avoir sans doute jamais appris à professer, on peut s'improviser professeur et comment, cette première faute commise, qui ne laisse juges que les élèves et ceux qui auront ensuite à les employer sur la foi de certificats aussi peu sérieux que les leçons elles-mêmes, comment, dis-je, on éprouve le besoin de divulguer son prétendu savoir et se faire juger par le public en général.

Sans vouloir trop approfondir le mérite du titre complet « Notions d'électricité. Son utilisation dans l'industrie, d'après les cours faits par l'auteur à la Fédération nationale des chauffeurs, conducteurs, mécaniciens, automobilistes de toutes industries » qui sent diablement l'internationalisme sous les termes pompeux et trompeurs de « *Fédération* nationale », il est permis tout d'abord de se demander ce que peuvent bien être les « Automobilistes *de toutes industries* »?

Mais quand, le livre ouvert, on lit, après de pénibles et inexactes définitions : « Les trois notions de force, de « travail et de puissance ont besoin d'être bien comprises. « Beaucoup de gens se servent, à tort, indistinctement « des unes et des autres, mais il faut s'entendre parfai- « tement sur leurs significations respectives », et qu'on voit, ensuite et immédiatement, l'auteur se classer lui-même au rang de ceux dont, en un français peu châtié, il blâme les confusions, on se demande vraiment ce qu'il pense apprendre aux autres? Notre belle langue française, généralement si claire, a, par contre, le défaut de la pauvreté, notamment en ce qui concerne le double sens du mot « apprendre ». Plus heureuses, les langues latine et même anglaise ont deux termes bien distincts répondant à ses deux sens : « *discere* et *to learn*, apprendre soi-même, et *docere* et *to teach*, apprendre aux autres, enseigner ». Puissent les professeurs improvisés ne pas laisser place à des doutes sur l'utilité et le sens de leur rôle et ne pas permettre de s'accréditer chaque jour davantage cette opinion, déjà trop fondée, que les prétendus efforts pour le développement de l'instruction sont, à tous égards, bien plus faits dans l'intérêt des pseudo-maitres que dans celui des élèves! E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

347 910. — **Grivolas.** — *Interrupteur électrique* (17 novembre 1904).

347 911. — **Conrad et Bradshaw.** — *Wattmètre à courant alternatif* (15 novembre 1904).

347 946. — **Choulet.** — *Disjoncteur multipolaire automatique à minima* (16 novembre 1904).

347 966. — **Berry.** — *Appareils pour la distribution des courants alternatifs* (16 novembre 1904).

347 977. — **C. et H. B. de la Mathe.** — *Câbles souples électriques* (17 novembre 1904).

347 982. — *Interrupteur trembleur pour bobines d'induction* (17 novembre 1904).

348 008. — **Atkins.** — *Électrodes pour appareils d'électrolyse* (18 novembre 1904).

348 062. — **Bullard.** — *Système d'intercommunication téléphonique automatique à petit nombre de lignes* (11 novembre 1904).

348 140. — **Bourdil.** — *Perfectionnement apporté aux microphones* (28 janvier 1904).

348 195. — **Stone.** — *Télégraphie sans fil* (25 novembre 1904).

348 196. — **Stone.** — *Télégraphie sans fil* (25 novembre 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

Société anonyme des radiateurs G. L. — Cette Société a été constituée le 13 février 1905.

Elle a pour objet l'exploitation du brevet d'invention et de la licence d'exploitation ci-après indiquée et concernant un nouveau mode de fabrication de radiateurs *Nids d'abeilles* par électrolyse et de tous objets métalliques en creux obtenus par l'électrolyse; l'obtention, l'achat, la vente totale ou partielle et l'exploitation de tous autres brevets ou licences et de tous certificats d'addition et de perfectionnement qui pourraient être pris relativement à la même invention et d'une façon générale la fabrication et la vente de ces radiateurs et de tous objets métalliques en creux obtenus par l'électrolyse, ainsi que toutes opérations industrielles et commerciales s'y rattachant.

Le siège de la Société est établi à Paris, rue de Courcelles, n° 198. Il pourra être transféré dans tout autre endroit de la

même ville ou du département de la Seine par simple décision du Conseil d'administration et partout ailleurs par décision de l'Assemblée générale extraordinaire.

La durée de la Société est fixée à quatorze années, à compter du jour de sa constitution définitive.

Il est apporté à la Société :

1° Un brevet d'invention d'une durée de quinze ans, délivré en France à MM. Gilardoni et Le Riche, le 3 mai 1904, sous le numéro 340059, pour un nouveau mode de fabrication des radiateurs *Nids d'abeilles* par l'électrolyse.

2° La licence exclusive, pendant la durée de la Société, d'un nouveau brevet qui sera délivré à MM. Gilardoni et Le Riche par suite de la demande qu'ils ont déposée au Ministère du Commerce, le 23 septembre 1904, sous le numéro 12523, pour procédé de fabrication par l'électrolyse des radiateurs *Nids d'abeilles*, mais seulement pour les applications à faire du procédé breveté à la construction de radiateurs et de tous objets métalliques en creux obtenus par l'électrolyse, MM. Gilardoni et Le Riche se réservant le droit de vendre, d'exploiter ou de concéder la licence d'exploitation du procédé de fontes.

3° La licence exclusive pendant la durée de la Société de tous autres brevets qui pourraient être pris à l'étranger pour le même procédé de fabrication, mais avec la même réserve que ci-dessus.

4° Leurs travaux, projets, études relatifs à la mise en exploitation de ladite invention, le bénéfice des expériences déjà faites et la propriété du matériel déjà existant et comprenant notamment 6000 tiges hexagonales en acier, 2 cuves en bois doublées de plomb, 2 ampèremètres, 1 voltmètre, un lot de tubes et divers ustensiles servant à l'électrolyse.

En représentation de ces apports, il est attribué :

1° A MM. Gilardoni et Le Riche, 500 parts bénéficiaires, leur donnant droit, pendant la durée de validité des deux brevets français sus-énoncés, à la part de bénéfices déterminée plus loin.

2° Aux fondateurs, 2000 actions de 100 francs entièrement libérées de la Société, qui ont été réparties entre eux de la manière suivante : MM. Bourlet, 205; Gilardoni, 365; Le Riche, 365; duc de Guiche, 400; de la Ville Le Roulx, 665.

3° A M. Bourlet, une somme de 20000 francs en espèces.

Le fonds social est fixé à 400000 francs, divisé en 4000 actions de 100 francs, dont 2000 d'apport et 2000 souscrites en espèces.

La Société est administrée par un Conseil composé de trois membres au moins et de sept au plus.

Les administrateurs doivent être propriétaires, pendant toute la durée de leur mandat, de chacun 50 actions au moins.

Les administrateurs sont nommés pour une durée de six années, sauf l'effet du renouvellement. A l'expiration des six premières années fixées pour la durée du premier Conseil d'administration, ce Conseil sera renouvelé en entier. Ensuite, il se renouvellera par tiers tous les deux ans; si le nombre des administrateurs n'est pas divisible par trois, les derniers renouvellements comprendront un plus grand nombre de membres que les premiers.

Le Conseil d'administration a les pouvoirs les plus étendus pour agir au nom de la Société.

Il est tenu une Assemblée générale dans le premier semestre de chaque année. L'Assemblée peut, en outre, être convoquée extraordinairement soit par le Conseil d'administration, soit, en cas d'urgence, par le ou les commissaires. Les avis de convocation doivent être publiés vingt jours au moins avant la réunion.

L'Assemblée générale se compose de tous les actionnaires propriétaires de 50 actions au moins. Toutefois, les propriétaires d'un nombre d'actions inférieur à 50 pourront se réunir pour former le nombre nécessaire et se faire représenter par l'un d'eux.

Les délibérations sont prises à la majorité des voix des membres présents. Chacun d'eux a autant de voix qu'il possède de fois 50 actions, sans qu'il puisse avoir plus de 20 voix, soit comme propriétaire, soit comme mandataire.

Après déduction de tous les frais généraux, des intérêts et de l'amortissement des capitaux qui pourront être empruntés et des amortissements industriels pour cause de dépréciation, le partage des bénéfices sociaux s'établira comme suit :

1° 5 pour 100 pour la réserve légale.

2° Somme nécessaire pour servir aux actionnaires un intérêt de 5 pour 100 sur le capital dont les actions seront libérées.

Sur le surplus, il sera prélevé :

1° 10 pour 100 à la disposition du Conseil d'administration pour être attribués par lui en totalité ou en partie, s'il le juge convenable, au directeur ou à tous autres employés ou agents, étant entendu que la partie non attribuée reviendra aux actionnaires.

2° 10 pour 100 au Conseil d'administration.

3° 20 pour 100 aux parts bénéficiaires.

Sur les 60 pour 100 restants, il sera fait tels prélèvements que l'Assemblée générale, sur la proposition du Conseil, jugera convenable pour la constitution d'une réserve extraordinaire ou d'un fonds de prévoyance.

Ce qui restera sera réparti entre les actionnaires, sans distinction entre les actions libérées et celles non libérées.

A l'expiration de la Société et après la liquidation de ses engagements et le remboursement total des actions, l'excédent d'actif sera partagé entre les actionnaires.

A l'expiration de la Société ou en cas de dissolution anticipée, l'Assemblée générale règle le mode de liquidation, nomme un ou plusieurs liquidateurs, détermine leurs pouvoirs et leur traitement.

Les liquidateurs ont pour mission de réaliser tout l'actif et d'éteindre tout le passif et, en outre, avec l'autorisation de l'Assemblée générale et aux conditions fixées et acceptées par elle, ils peuvent faire le transport ou la cession à tout particulier et à toute société, soit par voie d'apport, soit autrement de tout ou partie des droits, actions et obligations de la Société dissoute.

Le Conseil d'administration de la Société est composé de :

MM. Charles-Émile-Ernest Bourlet, professeur, avenue de l'Observatoire, n° 22, à Paris. — Émile Jellineck, propriétaire, demeurant à Nice, promenade des Anglais, n° 54. — Achille Hauser, docteur-médecin, rue de Courcelles, n° 95, à Paris. — Henri Gilardoni, rue Decamps, n° 25 *bis*, à Paris. — Jacques-Jules Léon, avenue Henri-Martin, n° 105, à Paris. — Zénon Uzac, propriétaire, rue Jouffroy, n° 68 *bis*, à Paris. — Antoine-Agénor-Armand de Gramond, duc de Guiche, propriétaire, rue d'Astorg, n° 10, à Paris.

M. Dumont, demeurant à Paris, rue Tronchet, n° 31, a été choisi pour remplir les fonctions de commissaire des comptes.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Société havraise d'Énergie électrique. — L'Assemblée générale de cette Société s'est tenue le 11 avril, sous la présidence de M. Berthier.

De la lecture des rapports, il résulte que les recettes obtenues pendant l'exercice 1904 se sont élevées à 1 481 996,83 fr et les dépenses générales à 679 417,84 fr, laissant un produit net de 802 578,99 fr, et après défalcation des charges des obligations, une somme de 669 378,99 fr de bénéfices nets.

Durant l'exercice écoulé, l'administration de la Société a fait installer à l'usine une nouvelle unité de 1000 kilowatts à courant continu, plus un groupe transformateur de 270 kilowatts, des surchauffeurs de vapeur, qui ont été appliqués aux cinq chaudières Babcok et Wilcox, et un pont roulant avec tous ses accessoires.

L'installation de ce nouveau matériel a nécessité l'agrandissement de l'usine et, à cet effet, il a fallu reprendre 422 m de terrain, loués précédemment et devenus disponibles, pour y élever les nouvelles constructions. De cette façon l'usine occupe maintenant les 3213 m possédés par la Société; mais, comme la production va toujours croissant, le Conseil d'administration a engagé des pourparlers en vue d'acquérir de nouveaux terrains.

L'usine comprend maintenant 18 chaudières, représentant une surface totale de 2880 m². Cinq de ces chaudières viennent d'être munies de surchauffeurs pour le service de la nouvelle machine. Le Conseil prévoit la nécessité d'en installer de nouvelles en 1905.

La nouvelle unité installée en 1904 se compose d'une machine à vapeur compound de 1500 à 1800 chevaux, marchant avec surchauffe, sortant des ateliers Carels frères, de Gand, et d'une dynamo de 1000 kilowatts, à courant continu, calée sur l'arbre de la machine.

L'usine comprend donc actuellement 11 moteurs à vapeur, représentant une puissance maxima totale de 7700 chevaux.

La nouvelle dynamo de 1000 kilowatts dont il vient d'être parlé, a été construite dans les ateliers Thomson-Houston, qui ont également livré un groupe transformateur de 270 kilowatts.

La Société possède ainsi :

7 alternateurs d'une puissance totale de. . . . . (Deux de ces alternateurs sont actionnés par des moteurs à courant continu).	2170 kw.
6 dynamos à courant continu, d'une puissance totale de.	2950 —
Total	5120 kw.

non compris les moteurs des deux groupes qui forment un total d'environ 800 kilowatts.

Comme l'emploi d'un pont roulant était devenu indispensable par suite de l'emploi de machines de plus en plus puissantes, l'administration en a fait installer un de 15 tonnes.

Quant aux tableaux de distribution, ils ont été modifiés et agrandis pour les nouvelles installations dont nous venons de parler.

Au 31 décembre 1904, la longueur des canalisations s'établissait ainsi :

Canalisation lumière.	68 387 mètres.
Canalisation force motrice (non compris la canalisation de la Compagnie générale française de tramways).	11 012 —
Total	79 399 mètres.
Contre, en 1903	76 407 —
Ce qui présente une augmentation de.	2 992 mètres.

La Société possède actuellement 85 postes de transformateurs établis sur ou sous la voie publique, non compris les postes installés chez les particuliers.

Par suite des clauses contenues dans son traité avec la ville du Havre, la Société a mis en application le tarif de 7,5 centimes l'hectowatt-heure à partir du 1er janvier 1904.

Malgré cette diminution de tarif, les recettes de l'exploitation se sont maintenues.

En effet, les recettes avaient été en 1903 de	1 431 989 fr.
Tandis qu'elles ont atteint en 1904.	1 481 996
Présentant en faveur de 1904 une augmentation de.	50 007 fr.

L'augmentation des recettes aurait été de 84 400 fr, si le tarif à 8 centimes avait été maintenu.

Les dépenses générales en 1904 se sont élevées à . .	679 417 fr.
Tandis qu'en 1903 elles avaient été de.	677 076
Faisant ressortir pour 1904 une augmentation de . .	2 341 fr.

Ce surcroît de dépenses peut paraître insignifiant.

En fait d'éclairage, le nombre des lampes pour l'éclairage public est resté le même, soit 80 lampes à arc et 14 lampes à incandescence de 32 bougies.

Par contre, pour l'éclairage des particuliers, le nombre des lampes reliées pendant l'année 1904, a été de 3281 lampes à incandescence de diverses intensités et de 88 lampes à arc; le tout équivalant à environ 5519 lampes de 10 bougies.

Au 31 décembre 1904, le nombre total des lampes reliées équivalait à environ 87 928 lampes de 10 bougies, au lieu de 82 409 au 31 décembre 1903.

Le nombre des abonnés au 31 décembre 1904 était, pour la lumière et la force motrice, de 2541 au lieu de 2434 en 1903, soit une augmentation de 107 abonnés pendant le dernier exercice.

Les compteurs en service étaient au nombre de 2677 au 31 décembre 1904, au lieu de 2548 en 1903, soit une augmentation de 129 compteurs en 1904.

Les compteurs à champ tournant continuent, paraît-il, à donner toute satisfaction.

L'Assemblée s'est montrée suffisamment renseignée et satisfaite des communications qui lui ont été données; aussi a-t-elle adopté sans discussion les résolutions suivantes :

Première résolution. — L'Assemblée générale, après avoir entendu le rapport du Conseil d'administration et celui du Commissaire, approuve dans toutes leurs parties le rapport et les comptes de l'exercice 1904, tels qu'ils sont présentés par le Conseil d'administration.

Deuxième résolution. — L'Assemblée générale :

1° Fixe à 20 fr, sous déduction de l'impôt établi par la loi de finances, le dividende de chacune des 18 200 actions de capital, soit net 19,20 fr par action nominative et 18,40 fr par action au porteur;

A 10 fr, sous déduction du même impôt, le dividende de chacune des 1800 actions de jouissance, soit net : 9,60 fr par action nominative et 9,34 fr par action au porteur;

2° Décide que ce dividende sera payé à partir du 1er juillet 1905, contre remise du coupon n° 11 des actions de capital et du coupon n° 9 des actions de jouissance;

3° Décide de reporter à l'exercice 1905 le reliquat du compte de Profits et Pertes, s'élevant à 198 492,54 fr.

Troisième résolution. — L'Assemblée ratifie la nomination de M. Postel-Vinay, Étienne-André, ingénieur, officier de la Légion d'honneur, comme administrateur de la Société. M. Postel-Vinay, présent à l'Assemblée, déclare accepter lesdites fonctions.

Quatrième résolution. — M. Jourdain est nommé commissaire pour l'exercice 1905, et l'Assemblée fixe sa rémunération comme précédemment.

Cinquième résolution. — L'Assemblée générale autorise le Conseil d'administration à créer 2000 obligations 4 pour 100 remboursables à 500 fr en trente-huit ans par voie de tirages au sort, le 1er tirage devant avoir lieu en décembre 1905, en prévision des dépenses de premier établissement et des acquisitions de terrains. Ces obligations seront émises soit au porteur, soit au nominatif, au prix qu'il jugera convenable et au fur et à mesure des besoins de la Société.

Sixième résolution. — L'Assemblée générale autorise, en tant que de besoin, les membres du Conseil d'administration à prendre ou à conserver un intérêt direct ou indirect dans des entreprises ou marchés faits avec la Société havraise d'Énergie électrique ou pour son compte, dans les conditions prévues par l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867.

L'Éditeur-Gérant : A. Lahure.

35099. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 321. 10 Mai 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Mesures de capacité en bois peintes et vernies. — Voici une circulaire adressée le 14 avril dernier au préfet de police par M. le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, et qui réglemente la vérification et le poinçonnage de ces mesures :

« Les instructions relatives à la réception des mesures de capacité en bois n'ont pas prévu le cas où celles-ci seraient soumises à la vérification première, peintes et vernies, et la question a dû être soumise à l'examen de la Commission de métrologie usuelle du Bureau national des poids et mesures.

« Après avoir rappelé que les essences autorisées dans la fabrication des mesures de boissellerie sont le chêne, le noyer, le hêtre, le châtaignier, le frêne, l'orme rouge et le sapin du Nord pour les fonds seulement, la Commission de métrologie usuelle a reconnu qu'en raison de l'exclusion justifiée d'un grand nombre d'essences il était indispensable que les vérificateurs à l'examen desquels les mesures sont soumises pussent sans erreur possible reconnaître si le constructeur a bien employé celles qui sont permises, examen qui exige déjà l'œil exercé d'un praticien pour distinguer les différentes essences de bois entre elles. Or, ils ne pourraient procéder à cet examen si les mesures étaient entièrement recouvertes d'une ou de plusieurs couches de peinture ou de vernis.

« D'un autre côté, l'usage de la peinture permettrait de masquer à l'aide de mastic ou d'autres matières de graves défauts nuisant à la solidité de la mesure.

« En présence de ces diverses considérations, la Commission de métrologie usuelle a émis un avis défavorable à l'admission, à la vérification et au poinçonnage d'une mesure en bois peinte et vernie qu'elle avait été appelée à examiner.

« J'ai adopté cet avis. En conséquence, le service devra refuser de vérifier et de poinçonner les mesures dont il s'agit. »

Concours d'appareils à acétylène. — Ce concours, institué par l'Union des fabricants français de carbure de calcium, a pour but de mettre en relief tous les appareils qui, par la sûreté de leur fonctionnement, l'économie de leur emploi, la qualité de leur fabrication, peuvent inspirer à la clientèle une pleine et entière confiance. Il ne doit donner lieu à aucun classement, mais servira uniquement à l'établissement de la liste des appareils recommandables, c'est-à-dire de ceux qui, à la suite d'essais multiples et méthodiques, auront satisfait à une série de prescriptions préalablement fixées dans le

programme du concours. Tous les appareils recommandables bénéficieront d'une publicité importante faite par les soins de la Société commerciale du carbure de calcium.

Ce concours est placé sous le patronage de hautes personnalités scientifiques ainsi que des Syndicats des diverses industries intéressées à l'amélioration des appareils servant à produire l'acétylène. Le jury du concours est constitué par les délégués des Syndicats faisant partie du Comité de patronage. Les membres du jury ont été désignés de telle sorte qu'aucun d'eux n'est directement intéressé dans la construction des appareils générateurs d'acétylène. La garantie absolue d'impartialité que présente une telle organisation, et les avantages incontestables que retireront tous les bons constructeurs de l'approbation de leurs types d'appareils, doivent les engager à prendre part à ce concours. En outre le procès-verbal d'épreuve qui sera établi après chaque essai et sur lequel seront indiqués les résultats exacts donnés par l'appareil constituera un document de la plus haute utilité pour tout constructeur soucieux d'améliorer sans cesse la qualité de sa fabrication.

Adresser les demandes et les adhésions au concours à M. *Ed. Fouché*, délégué de l'Union des fabricants français de carbure de calcium, 104, boulevard de Clichy, Paris, avant la date du 31 mai 1905.

Le télégraphe Rowland sur le Continent. — Dans un rapport à l'Assemblée des actionnaires de la *Rowland Telegraphic Company*, tenue à Baltimore le 1er mars dernier, le président a signalé comme une précieuse et importante victoire pour le système, les résultats obtenus en Italie à la suite de son adoption depuis dix-huit mois sur la ligne la plus chargée de ce pays, celle de Rome-Naples. D'après ce rapport, basé sur une déclaration officielle et publique de l'Administration des Postes et Télégraphes italienne, cette installation octuplex fournirait une transmission normale et soutenue équivalant à celle de trois installations quadruplex en Baudot, si supérieur déjà au système Hughes. Elle effectuerait autant de travail sur un seul fil que ce même Baudot sur trois fils, et ce avec 60 pour 100 d'économie dans les frais de personnel. L'appareil Rowland exigerait chez les opérateurs, suivant la même autorité, moins d'expérience qu'aucun autre système, et, si ceux-ci étaient appointés en raison de la difficulté de transmission, on peut compter que l'on réaliserait, comparativement au système Baudot, une économie moyenne de 3 fr par jour et par opérateur.

Le même rapport fait ressortir d'ailleurs que ce système n'impose pas pour cela au personnel, dans ces conditions, un surmenage susceptible de se l'aliéner, pas plus qu'il ne donne lieu à plus ou à de plus graves erreurs que les plus perfectionnés.

La même Compagnie est actuellement en pourparlers avec l'Allemagne pour des installations, également octuplex, sur les importantes lignes Berlin-Hambourg et Berlin-Francfort, de même que ses appareils fonctionnent à titre d'essai mais avec plein succès sur la ligne New-York-Boston de la Postal Telegraph-Cable Company.

Si intéressants que soient ces persévérants essais si dignes de succès, selon toute apparence, il ne faut pas se dissimuler la difficulté, pour de grands États, de modifier tout un système, au double point de vue « matériel » et « personnel ». Autrement, la modicité de la redevance demandée en Italie, de 1 centime par télégramme, l'achat et l'entretien des appareils restant à la charge de l'État, ne saurait écarter l'adoption du système.

En attendant, contentons-nous de constater que c'est encore notre Baudot qui sert de terme de comparaison en la matière.

Aimants de levage. — L'*Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft* de Berlin a entrepris la construction d'électro-aimants remplaçant dans le cas de manœuvre de pièces en fer, le crochet des appareils de levage.

Les électro-aimants destinés à soulever des pièces de grande dimensions sont de forme ronde; pour des pièces allongées les électro-aimants sont ovales. Quand il s'agit de pièces détachées on emploie des pôles mobiles placés à la partie inférieure d'une plaque de fer.

La Société fabrique des électro-aimants destinés à soulever des plaques de fer superposées dont l'épaisseur totale est de 45 mm.

Suivant les dimensions et la force portante la consommation et le prix de revient sont plus ou moins élevés.

Pour une force portante de 2000 kg, l'électro-aimant pèse de 425 à 460 kg et a une consommation de 1 kw. Un aimant avec pôles mobiles pour rails ayant une force portante de 3000 kg exige 3 kw; les aimants pour saisir les pièces détachées ont une force portante de 1500 kg et consomment 4,5 kw environ.

Concours international. — L'*Association des industriels de Milan*, Foro Bonaparte, 1, vient de fonder un prix international consistant en une médaille d'or et une somme de 8000 fr pour un nouveau système supprimant le danger d'un contact de la haute tension avec la basse tension. Les projets et descriptions doivent être adressés au Président de la Société au plus tard le 31 juillet 1905.

Un nouvel isolant. — L'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 20 avril donne des renseignements sur un nouvel isolant, la « galatithe », extrait de la caséine et destiné à remplacer l'ébonite.

On fait subir au lait de vache un traitement analogue à celui que l'on fait subir au lait végétal des plantes à caoutchouc et on obtient finalement une masse plastique que l'on amène par pression à la forme voulue.

La galatithe est plus élastique que l'ébonite et se laisse très bien travailler sans user les outils; au point de vue de la résistance à l'isolement et aux tensions disruptives, elle ne le cède guère à l'ébonite ainsi que le montrent des essais entrepris au laboratoire impérial de Berlin et au laboratoire de l'État de Hanovre. La galatithe est fabriquée par l'usine d'ébonite de Harburg; elle est absolument inattaquable par la graisse, la benzine, les huiles, les alcalis, etc.

D'après les données de la fabrique de Harburg, il faut employer environ 60 litres de lait pour obtenir 1 kg de galalithe. L'usine de Harburg s'est assurée la fourniture d'environ 20 millions de litres de lait de manière à fabriquer annuellement 334 000 kg de cet isolant.

Durée des poteaux en bois. — L'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 20 avril donne le résumé d'une conférence de M. Havelik sur la durée des poteaux télégraphiques. Le conférencier conclut que la durée dépend non seulement de l'imprégnation mais encore de la qualité du bois employé. Suivant la nature du terrain sur lequel a poussé l'arbre, le bois présente à la partie extérieure une coloration allant du gris au brun en passant par le jaune. Plus la couleur est foncée, plus la durée du poteau est grande. La partie intérieure des poteaux de peu de valeur n'est pas colorée, tandis que celle des poteaux qui ont une durée plus longue a une coloration intensive.

Records de turbines à vapeur. — Les journaux américains ont fait beaucoup de bruit autour du fait qu'une turbine Westinghouse de 450 poncelets exposée à Saint-Louis n'avait montré après 3962 heures de fonctionnement aucune trace d'usure. L'*Elektrotechnische und polytechnische Rundschau* du 15 avril, après avoir rappelé ce fait, en cite un autre plus concluant encore. A la mine du comte de Donnersmarck à

Beuthen (Silésie) une turbine à vapeur du système Brown-Boveri-Parsons après un fonctionnement de 17 200 heures (en 2 ans) fut démontée le 24 avril 1904 et on ne constata aucune trace d'usure ni aux paliers, ni aux aubes, etc. Pendant son service, la turbine avait fait plus de trois milliards de tours.

Protection contre les surtensions. — Ainsi que l'annonce la *Elektrotechnische und polytechnische Rundschau* du 15 avril, M. le Dr G. Seibt de Berlin vient de faire breveter un nouveau système destiné à rendre beaucoup plus sensibles les parafoudres, de sorte que l'on peut en augmenter la distance explosive. M. Seibt dispose sur la canalisation le primaire d'un transformateur, dans le secondaire duquel est intercalé le parafoudre. Les oscillations dans le conducteur donnent naissance à des tensions très élevées dans le secondaire, de sorte que l'intervalle d'air du parafoudre est franchi, ce qui diminue la résistance de cet intervalle qui peut alors être facilement franchi par les surtensions de la canalisation. On peut au besoin intercaler dans le secondaire du transformateur un tube de Geissler: celui-ci reste obscur quand il n'y a pas oscillation, car la fréquence du courant industriel est trop faible pour induire dans le secondaire une force électromotrice considérable. Lorsque des oscillations se développent dans le conducteur, ce qui se produit par exemple dans le cas de décharge atmosphérique, celles-ci induisent dans le circuit secondaire une force électromotrice élevée, ce qui amène l'éclairement du tube. La lumière ultraviolette réduit la résistance de l'intervalle d'air du parafoudre et le fait entrer en fonction.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Le Touquet et Paris-Plage (Pas-de-Calais). — *Station centrale.* — Les propriétaires de ces stations balnéaires, — l'une dans les bois et l'autre sur la côte, mais très proches l'une de l'autre, — vont prochainement adjuger la concession pour l'éclairage électrique.

Il y a, à Paris-Plage, environ 600 maisons particulières et plusieurs hôtels. Au Touquet, on trouve des hôtels, un cercle, un casino, un pavillon de golf et plusieurs maisons construites ou en cours de construction.

Un petit matériel d'éclairage électrique avait été installé pour fournir la lumière au cercle, aux deux principaux hôtels, au Casino et aux promenades sous bois. Cette station, qui peut être reprise par les concessionnaires comporte deux machines (d'un ensemble de 55 kw), des dynamos, des accumulateurs, etc., et un bâtiment construit en briques; mais ce matériel ne répond plus aux besoins actuels.

Le Touquet et Paris-Plage sont environ à 30 km de Boulogne, à proximité de la ligne de Paris, et peuvent être rejoints de Londres, en moins de 5 heures, par le South Eastern-Railway.

Pour plus amples informations, soumissions, etc., on peut s'adresser à *Le Touquet Syndicate Ltd*, 39 *St. Swithin's Lane, London, E. C.*

Savigny-les-Beaune (Côte-d'Or). — *Éclairage.* — La question de la lumière électrique, réclamée depuis longtemps par les habitants de Savigny, vient d'être tranchée favorablement par le Conseil municipal dans sa séance du 16 mars dernier.

Après de longs pourparlers avec plusieurs ingénieurs, l'un d'eux a été autorisé à installer l'éclairage électrique.

Suivant toutes les prévisions, Savigny recevra la lumière électrique pour l'hiver prochain.

ÉTRANGER

Berlin. — *Station centrale.* — Nous donnerons quelques détails sur la station centrale d'Oberspréе, l'une des plus grandes de Berlin, longue de 162 m. Elle est placée sur les bords de la Sprée et est reliée à deux chemins de fer. Sa puissance totale est de 35 000 kw. Elle renferme actuellement deux alternateurs triphasés à vapeur de 750 kw chacun, deux autres de 1500 kw et quatre de 2600 kw chacun, soit en tout 15 000 kw environ.

Les machines à vapeur sont du type Corliss horizontales à triple expansion. Le diamètre du cylindre à haute pression est de 82 cm, celui du cylindre à moyenne pression de 125 cm, celui des deux cylindres à basse pression de 147,5 cm. La course commune est de 150 cm, la vitesse de 85 tours par minute.

La salle des chaudières parallèle à celle des machines renferme 15 génératrices avec surchauffeurs à la partie supérieure et 4 chauffeurs préliminaires de 700 m² de surface de chauffe.

Les génératrices sont groupées en deux rangées opposées avec couloir intermédiaire. Les gaz s'échappent par trois cheminées, une pour chaque série de génératrices et une pour le chauffeur préliminaire. Le magasin à charbon est situé entre la chaufferie et la Sprée. Le combustible est amené par bateau, puis déchargé et transporté par des convoyeurs mecaniques.

CORRESPONDANCE

Curieux effet d'un montage défectueux.

« Un moteur série à courant continu d'une puissance de 3 kilowatts environ, destiné à un pont roulant, muni de deux bobines inductrices identiques, se mettait à tourner d'un sixième de tour environ, dès que l'on cherchait à le faire démarrer, puis s'arrêtait brusquement.

« Vérification faite, l'on s'aperçut que l'on avait, lors du montage, inversé les extrémités de l'une des bobines, de sorte que le flux créé par elle venait combattre et équilibrer celui de l'autre. Après que l'on eût interverti les connexions, le moteur démarra et fonctionna convenablement.

« Le mauvais montage de l'une des bobines explique bien pourquoi le moteur ne fonctionnait pas, mais on ne peut guère comprendre pourquoi le moteur tournait légèrement au moment où l'on fermait le circuit. Il faudrait admettre qu'à ce moment l'intensité du courant n'était pas la même dans les deux bobines, de sorte que les flux ne s'équilibraient pas. »

F. LOPPÉ.

L'explication que M. Loppé donne des phénomènes n'est certainement pas la bonne, car on sait que l'intensité est toujours la même dans tous les points d'un circuit. Ce mouvement initial constaté doit être attribué, à notre avis, à une dissymétrie, soit dans l'enroulement des bobines inductrices, soit dans la position de l'induit dans les inducteurs, soit à un enroulement irrégulier de l'induit.

A la suite de notre article (10 avril 1905, n° 319) sur le système Leitner-Lucas d'éclairage des trains de chemins de

fer, nous avons reçu la lettre suivante que nous nous empressons de publier :

Woking, Surrey, 18 avril 1905.

« Cher Monsieur,

« J'ai sous les yeux votre numéro du 10 avril, où vous me faites l'honneur de décrire le système Leitner-Lucas d'éclairage des trains dans lequel je suis intéressé.

« Tout en appréciant cette description détaillée, je vous demande la permission de vous présenter quelques observations qui me sont suggérées par la lecture de votre article.

« Vous dites que le système est loin d'être simple; c'est, en réalité, insinuer qu'il est très compliqué. Cette opinion est erronée; elle est due au diagramme des connexions. Le système Leitner-Lucas sans régulateur est au moins aussi simple que tout autre système d'éclairage de trains, en ce qu'il comporte une seule dynamo sans commutateurs centrifuges, ni rhéostat automatique, ni dispositifs de nature à donner lieu à des glissements qui absorbent de l'énergie. Il n'exige qu'une seule batterie d'accumulateurs, au lieu de deux plus communément appliquées, et comporte un seul commutateur différentiel automatique.

« Le régulateur joue un rôle spécial qui n'est pas indispensable au bon fonctionnement du système et qu'on n'a même cherché à réaliser dans aucun autre.

« En ce qui concerne son principe qui serait inspiré de celui de M. Loppé, je vous prie de vouloir bien noter que les brevets Loppé datent de 1903 et 1904, alors que les nôtres remontent à 1902.

« Veuillez me croire, cher monsieur, votre bien dévoué.

Henry Leitner. »

Cette appréciation ne modifie pas la nôtre, toute personnelle d'ailleurs. Un seul point « système dérivé de celui de M. Loppé » peut y être, à bon droit, relevé par l'un des intéressés et nous sommes tout prêt à rendre à chacun, le cas échéant, ce qui lui est dû, n'ayant nullement eu la prétention de juger une question de priorité qui ne nous était pas soumise. L'ordre dans lequel ont paru les descriptions respectives de ces systèmes dans les périodiques français (Loppé, 1904) et anglais (Leitner-Lucas, 1905) nous a seul guidé, et nous sommes surpris de voir encore, après l'assertion ci-dessus, un de nos confrères préciser ainsi le brevet Leitner-Lucas qu'il a décrit comme nous : « Patente anglaise n° 18581, 28 août **1903** ».

E. B.

A propos d'accumulateurs.

Monsieur,

Par hasard, le numéro 517 de l'*Industrie électrique* du 10 mars 1905 ne nous est parvenu qu'il y a peu de temps; vous y donnez, à la page 98, un court compte rendu concernant l'exposition des automobiles à Berlin, et reproduisant un extrait de l'article publié de M. Müller dans la *Centralblatt für Akkumulatoren-Technik*. Par la présente nous vous prions de vouloir bien recevoir la rectification suivante des indications inexactes de M. Müller concernant la description de l'accumulateur système « Ziegenberg et Cie », telle qu'elle est déjà publiée dans la *Centralblatt für Akkumulatoren-Technik*.

M. Müller a, dans son rapport, identifié d'une manière tout à fait incorrecte et sans fondement l'accumulateur système « Ziegenberg et Cie », avec une ancienne pile primaire indiquée par O. de Rothmund, le peroxyde de plomb-zinc où la mise en marche se fait par le versement de l'eau pure sur les plaques imprégnées d'acide sulfurique concentré, et les plaques de zinc se consomment à l'usage, conformément au caractère de ces éléments.

Mais, quant à l'accumulateur système « Ziegenberg et Cie » il n'y a pas du tout de consommation de zinc, auquel cas il ne s'agirait pas d'un accumulateur, mais en effet d'une pile primaire. Au contraire, le zinc décomposé à la décharge de l'accumulateur, est récupéré dans un procédé particulier, c'est-à-dire séparé électrolytiquement, en même temps que se fait la charge des plaques de peroxyde; le dépôt sur les plaques de zinc a la forme d'un sédiment adhérent et gras, mais pas spongieux.

Par conséquent, l'accumulateur « Ziegenberg et Cie » représente la première forme pratique d'un accumulateur au plomb-zinc et, comme preuve, nous vous remettons ci-inclus la traduction de quelques passages y relatifs d'un rapport que M. le Dr Lux, rédacteur du « Journal pour l'éclairage », de Berlin, a fait en commun avec M. le Dr de Vietinghoff-Scheel, rédacteur de la ***Technischen Rundschau des Berliner Tageblatts***, ce rapport étant basé sur des examens étendus concernant l'accumulateur « Ziegenberg et Cie ».

« Par le procédé de régénération imaginé par la maison Ziegenberg et Cie il a été possible de recharger en même temps par un procédé électrolytique les plaques positives et de récupérer aussi le zinc dissous dans l'acide de l'accumulateur sous forme de dépôt adhérent et régulier sur l'électrode de zinc. Il existe la même relation entre l'énergie récupérée de l'accumulateur et l'énergie nécessaire pour la régénération, comme dans l'accumulateur au plomb ordinaire.

« Les relations économiques concernant la récupération de courant, soit le rapport $\frac{\text{énergie de charge}}{\text{énergie de décharge}} = 69{,}9$, ou 82,9 pour 100, si, pour le dernier cas, le zinc déposé électrolytiquement est tout à fait consommé.

« Le procédé de régénération peut être exécuté pratiquement sans la moindre difficulté : il n'est pas nécessaire de démonter tout à fait l'accumulateur. Les plaques négatives et positives peuvent plutôt être enlevées ensemble hors du vase de l'accumulateur et introduites sans difficulté dans le bain de charge.

« On voit que le procédé de régénération représente un procédé circulaire, en partant de la décharge. »

Ces deux certificats de MM. les Drs Lux et Vietinghoff-Scheel se trouvent en original dans notre bureau, 97, rue Saint-Lazare, Paris, et peuvent y être examinées.

Il est en conséquence tout à fait incorrect de dire que les 180 plaques de zinc d'une batterie doivent être renouvelées chaque fois après la décharge; au contraire, on emploie toujours les mêmes plaques de zinc, le zinc décomposé à la dernière décharge étant déposé de nouveau à la charge suivante. Cette fixation détruit naturellement la conclusion défavorable de M. Müller citée dans votre revue, que, par suite du renouvellement des plaques de zinc nécessaire après chaque décharge, l'emploi pratique de ce système est peu probable, en dépit de l'énergie massique de 50-60 w-h:kg.

Nous sommes, au contraire, d'après nos expériences pratiques, convaincus que, dans cette batterie, la question de la récupération du zinc et de la recharge de l'accumulateur plomb-zinc une fois résolue, fera aboutir le problème de la traction électrique des voitures de tous systèmes par suite des avantages qu'il présente grâce à la haute capacité, la plus grande qui ait été jamais atteinte jusqu'à présent, et de la grande résistance mécanique de cet accumulateur, en sorte qu'il lui serait même possible de subir les court-circuits sans dommage durable.

Nous espérons vous donner sous peu des indications détaillées concernant cette batterie, basées sur des mesures étendues.

Veuillez agréer, etc.

Pour M. Ziegenberg.
Signé : Illisible.



MESURES RELATIVES AUX COURANTS POLYPHASÉS

L'intégration des grandes puissances, telles que 200 ou 1000 kilowatts nécessaires à certains consommateurs américains, présente, en courants polyphasés, des difficultés. Aussi est-il intéressant de déterminer autant que possible la nature et l'importance probable des erreurs auxquelles donnent lieu les méthodes employées et de rechercher parmi ces dernières, celle qui, en somme, convient le mieux dans tel ou tel cas, en partant de ce principe que le meilleur système est non seulement celui qui présente le moins de chance d'erreurs, mais encore celui dans lequel ces erreurs, si elles se rencontrent, peuvent être le plus rapidement et le plus aisément décelées.

Il est de pratique courante, en la matière, d'installer dans les circuits de ce genre des compteurs polyphasés et, quand on veut arriver à une exactitude plus grande, deux de ces appareils en série sur chacun des circuits. On a cependant reconnu que dans ces conditions les deux instruments ne donnaient jamais des indications identiques. Ils paraissent différemment affectés par les variations de fréquence, de tension et de facteur de puissance. La différence entre leurs indications n'est même pas constante : l'un avance parfois et retarde d'autres fois sur son partenaire, et, au bout d'une marche de quelque durée, les écarts entre leurs lectures respectives atteignent toujours une valeur telle qu'il est très hasardeux de se fier à l'une ou à l'autre et même à leur moyenne. Les instruments ont une allure capricieuse qui révèle évidemment des erreurs autres que des erreurs d'étalonnage et oblige à un contrôle incessant de leurs indications.

Sans doute le champ d'application du compteur polyphasé est assez limité, en ce que, la plupart du temps, l'énergie électrique est fournie et comptée aux abonnés individuels en la forme alternative simple. Il n'en est pas moins vrai cependant qu'à l'entrée d'une ligne de transport à distance ou d'une commutatrice synchrone on est presque toujours obligé d'appliquer un compteur polyphasé, dont la précision est d'autant plus importante que la moindre erreur dans ses indications se traduit finalement par des sommes d'argent importantes.

Des recherches à cet égard ont été, l'an dernier, entreprises en Amérique sur des lignes à trois fils sous hautes tensions, exploitées en triphasé à charges équilibrées, avec application de transformateurs de mesures comme intermédiaires entre la ligne et le compteur, ce dernier étant du type à induction.

Les conséquences, sinon les résultats, en ont été exposées tout récemment à l'*American Institute of Electrical Engineers*, par M. J. D. Nies, aux notes duquel nous empruntons les éléments de cet article.

Pour diverses raisons bien connues, on est obligé, comme on sait, de recourir, dans toutes les exploitations sous hautes tensions, à des transformateurs de mesures, au lieu de relier directement les compteurs à la ligne. Dans ces conditions l'appareil ne reçoit dans sa bobine en dérivation qu'une fraction connue de la tension et ne livre passage dans ses bobines d'intensité qu'à une partie connue du courant total de la ligne; il n'indique, par suite, qu'une fraction déterminée du produit de ces deux éléments, et l'on est ensuite obligé de la multiplier par le rapport de transformation pour obtenir l'énergie cherchée. Les transformateurs de mesures font donc réellement partie du système d'appareils mis en œuvre, et la première question qui se pose est celle de savoir si chacun de ces appareils remplit correctement, en ce qui le concerne, son rôle fractionneur.

Un transformateur de tension ne diffère pas essentiellement d'un transformateur ordinaire; il fonctionne de la même manière et est régi par les mêmes règles. Par suite, la tension fournie par ses bobines secondaires (la tension primaire étant supposée constante) variera avec la charge appliquée au transformateur, en raison de la chute par impédance de ses bobines.

S'il s'agit, par exemple d'un transformateur de 200 watts construit pour 10 000 volts dans le primaire et 100 volts dans le secondaire, son impédance sera d'environ 10000 ohms, et, à pleine intensité, la perte de charge par impédance sera de 200 volts dans le primaire, soit 2 pour 100; mais, comme il s'agit d'une soustraction vectorielle, l'erreur est moindre et atteint à peu près 1,6 pour 100. Cette perte varie avec la fréquence et le facteur de puissance de la charge. Tous les instruments alimentés par un tranformateur de ce genre donneraient, à pleine charge, une lecture inférieure de 1,6 pour 100. On pourrait réduire cette erreur en augmentant le nombre de spires de la bobine secondaire; mais alors la tension secondaire serait trop élevée pour toutes les charges inférieures. Le mieux serait peut-être de régler le rapport de transformation sur la demi-charge. Mais, de toute façon, ce rapport ne peut pas être exact pour toute la plage de fonctionnement du transformateur, et les résultats peuvent, même avec l'étalonnage le plus soigné, être viciés par l'emploi d'un compteur en connexion avec un transformateur de tension indifféremment chargé.

Pour un transformateur alimentant exclusivement des voltmètres, cette erreur est la seule qui puisse se présenter; mais, en cas d'alimentation de wattmètres, il faut en outre compter avec le déphasage entre les f. é. m. primaire et secondaire. Dans un transformateur parfait, sans réactance, ce déphasage serait exactement de 180°, de sorte que la f. é. m., quand elle est renversée, revient en concordance exacte de phase avec celle de la ligne correspondant à son état original. Si le déphasage n'est pas exactement de 180°, il en résulte que le compteur reçoit une f. é. m. dont la phase, par rapport au courant de la ligne, n'est pas la même que celle existant réelle-

ment dans cette ligne. Par suite, ce compteur fonctionne et enregistre sur un facteur de puissance faux. L'erreur de phase introduite par un transformateur en dérivation chargé représente une diminution apparente de l'angle de décalage du système, diminution pouvant atteindre un demi-degré selon la fréquence et le facteur de puissance de la charge secondaire.

En ce qui concerne le transformateur d'intensité, l'erreur ne provient pas directement de l'impédance des bobines, mais du fait que le courant primaire n'est pas transformé en totalité; une partie en est distraite pour l'alimentation du noyau. Après soustraction vectorielle de la composante du courant d'excitation, le reste est transformé dans le rapport réel de transformation. Deux erreurs se trouvent donc introduites : l'intensité du courant secondaire est trop faible, à moins qu'on ne corrige le rapport de transformation en diminuant d'un certain nombre de spires la bobine secondaire, et la phase du secondaire diffère de celle du primaire. Les courbes de la figure 1, calculées d'après des mesures du courant

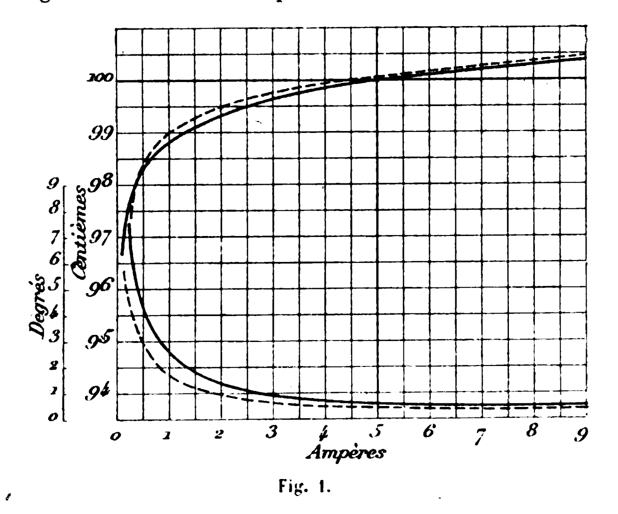


Fig. 1.

d'excitation et de l'impédance sur une grande étendue, donnent en centièmes la variation, le rapport de transformation à pleine charge étant pris comme égal à 1 ou 100/100, et l'écart de phase sur 180° pour un transformateur d'intensité avec 60 ampères au primaire et 5 ampères au secondaire et une charge normale de 40 watts.

Les courbes en trait plein correspondent à une résistance de charge secondaire pour la pleine charge à pleine intensité; celles en traits ponctués correspondent à une charge formée d'une bobine ordinaire en série de wattmètre et de 60 m de fil conducteur de 2 mm de diamètre, constituant à peu près 1/5 de la pleine charge. Ces courbes indiquent une diminution du rapport de transformation et une augmentation du déphasage pour de faibles charges, d'où des erreurs tout à fait comparables à l'erreur habituelle d'étalonnage à faible charge.

Les courbes de la figure 2 font ressortir, en centièmes, l'erreur introduite par un transformateur d'intensité dans les indications fournies par un wattmètre de 5 ampères 90 volts supposé exact à d'autres égards, en fonction du retard du courant de charge. Le transformateur d'intensité est supposé présenter un rapport de transformation exact à pleine charge et alimenter un watt-

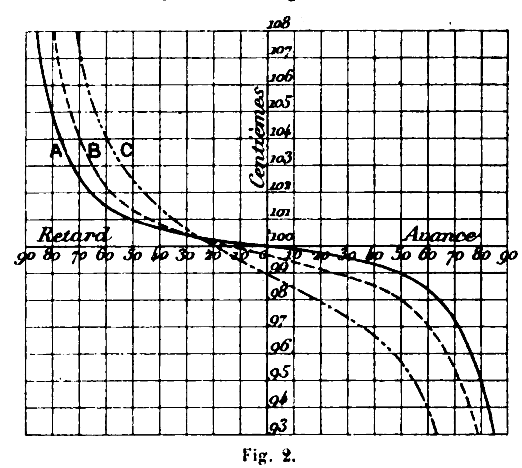


Fig. 2.

mètre dans les mêmes conditions que précédemment avec 60 m de fil conducteur de 2 mm de diamètre (ensemble un tiers environ de la pleine charge). La courbe A correspond à la puissance totale en volts-ampères ; la courbe B, à 0,5 de cette puissance; et la courbe C, à 0,2 de la même puissance.

Les courbes de la figure 3 représentent, traduites en watts, les erreurs correspondantes; les lettres sont corré-

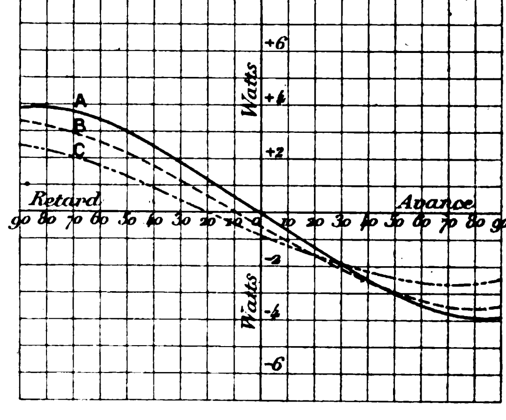


Fig. 3.

latives des précédentes. Il est évident que l'effet est négligeable dans les circuits fonctionnant normalement avec un facteur de puissance égal à 1 ou à peu près, sauf sous faibles charges.

On voit sur la figure 4 l'erreur combinée due aux transformateurs en dérivation et en série. E_p représente la tension primaire et E_s la tension secondaire, cette dernière retardant de plus de 180° sur la primaire. I_p est le courant primaire et I_s le courant secondaire, décalé de moins de 180° sur le primaire. L'angle entre E_s et I_s est inférieur à celui entre E_p et I_p. Autrement dit, les deux transformateurs ont pour effet de déterminer, dans le sens de l'avance, une modification de la phase apparente du courant, que l'on peut appeler l'erreur de phase et qui

se combine avec une réduction tant de la tension que de l'intensité, qu'on peut appeler l'erreur proportionnelle. Un courant en retard s'enregistre ainsi dans le compteur avec un décalage réduit, d'où facteur de puissance plus élevé et indication en excès. Par suite, l'erreur proportionnelle et l'erreur de phase se compensent dans une

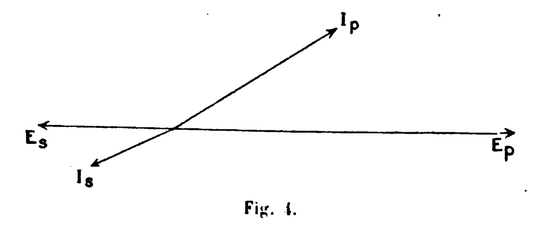


Fig. 4.

certaine mesure. Un courant en avance s'enregistre, au contraire, dans le compteur avec un décalage plus grand, d'où moindre facteur de puissance et indication par défaut, de sorte que l'erreur de phase et l'erreur proportionnelle s'ajoutent.

Les courbes de la figure 5 peuvent servir à indiquer la grandeur probable de cette erreur. La courbe A s'applique à la condition de pleine charge pour les transformateurs tant de tension que d'intensité dans un circuit

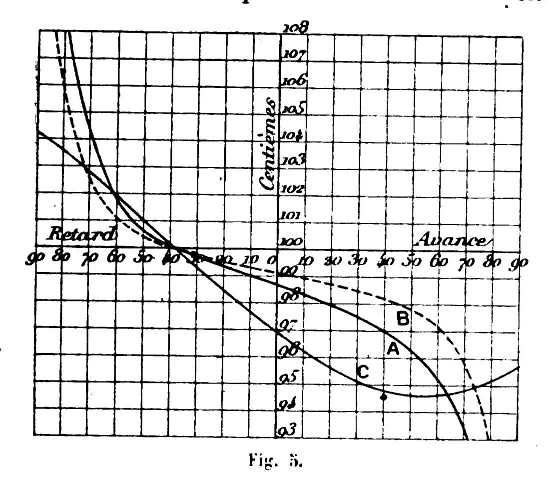


Fig. 5.

alternatif simple de 90 volts et 5 ampères; la proportion de l'indication totale y est portée en fonction du retard du circuit. La courbe B répond également à la condition de la puissance totale en volts-ampères dans le circuit, mais avec des transformateurs de mesures à demi-charge. La courbe C donne les proportions de la courbe A réduites en watts sur la base de 450 watts pour un facteur de puissance égal à 1. Cette courbe donne la limite probable de l'erreur; pour éviter cet extrême, il est évidemment nécessaire d'employer judicieusement des transformateurs de mesures; et, si l'on veut atteindre la plus grande précision possible, le mieux est d'installer des transformateurs spéciaux pour le compteur et de ne les employer qu'à cet effet; autrement on court le risque d'introduire des erreurs susceptibles de masquer complètement les erreurs ordinaires d'étalonnage.

Les transformateurs d'intensité sont sujets à une autre erreur qui peut se manifester s'ils sont montés trop près l'un de l'autre. Ordinairement l'enroulement primaire ne comporte que peu de spires et, par suite, l'action magnétisante de courants intenses dans les conducteurs voisins n'est pas négligeable comparativement à l'action magnétisante du courant dans le circuit primaire du transformateur même. Il en résulte dans les indications du compteur une inexactitude analogue à ce qui arriverait si cet appareil était installé en présence d'un champ extérieur. Seulement l'erreur se manifeste dans le transformateur et non dans le compteur. Ordinairement, dans les circuits de haute tension, la séparation mécanique nécessaire des conducteurs suffit à prévenir cet effet.

C'est ici le moment de considérer une autre cause d'inexactitude due à la perte par fils reliant transformateurs et compteur. On donne généralement aux deux jeux de transformateurs, de tension et d'intensité, un même retour commun. Il en résulte que la perte de charge dans ce retour commun, tout en n'affectant pas matériellement l'action du transformateur d'intensité, se soustrait de la tension fournie par les transformateurs de tension, comme le montre le diagramme de la figure 6.

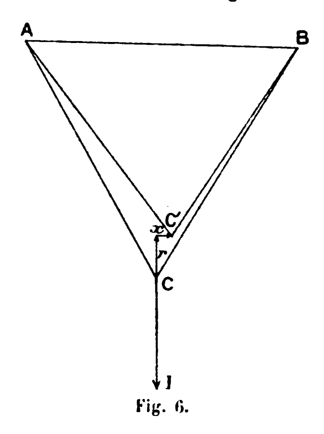


Fig. 6.

Le triangle A B C représente les f. é. m. fournies aux bornes des secondaires des transformateurs de tension. Alors, si l'on applique la méthode des deux compteurs, C A et C B sont les f. é. m. qui devraient être reçues aux bornes des compteurs. C est le retour commun, où le courant, dans l'hypothèse d'une charge non inductive, est I. Ce courant, en traversant le conducteur C, détermine une chute par résistance r et une chute par réactance x. Par suite, l'un des compteurs recevra la tension C'A et l'autre la tension C'B. Il est facile de démontrer que l'indication des compteurs est trop faible précisément du montant de la perte RI^2 dans le retour commun, et qu'elle est, par suite, identique, pour la même intensité, quel que puisse être le facteur de puissance en charge. Si le retour commun comporte 30 m de fil de 2 mm de diamètre, l'erreur est de 5 watts à peu près, pour un courant de 5 ampères dans ce fil de retour. Cette erreur est beaucoup trop grande pour être négligée et il en serait bien autrement encore si le fil de retour était plus long et de plus faible diamètre. Elle peut se traduire par une différence annuelle de milliers de francs dans les factures

basées sur les indications d'un intégrateur de grande puissance. On pourrait prévenir cet effet en appliquant un fil de retour distinct aux transformateurs de tension et ne les connectant qu'en un seul point au fil de retour des transformateurs d'intensité. Il est à noter que la réactance dans le retour commun est absolument sans effet sur l'indication totale des compteurs, à moins d'interférence avec le fonctionnement normal des transformateurs d'intensité. Ceci veut dire que le point C′ peut se déplacer, dans un sens ou dans l'autre, à une distance quelconque suivant la ligne x sans modifier l'indication totale, pourvu que les compteurs puissent supporter les conditions anormales de tension qui en résultent. Tous les fils de compteurs doivent être rapprochés les uns des autres et, de préférence, logés dans des fourreaux, de manière à éviter les actions inductives provenant de champs extérieurs.

En ce qui concerne la tendance, bien connue, des compteurs de tous types à fonctionner lentement à pleine charge et même sous faible charge, on peut y remédier de diverses manières.

Une autre erreur importante s'introduit encore accidentellement du fait du déphasage du champ dérivé par rapport à sa position normale, 90° en retard sur la f. é. m. Des variations dans la tension du circuit, dans la forme de l'onde et dans la fréquence déterminent ce déphasage qui n'est pas toujours négligeable, comme le montre la courbe en trait plein de la figure 7 établie pour un compteur à courant alternatif simple (que, par abréviation, nous appellerons compteur simple, par opposition à compteur polyphasé) avec déphasage de 2° du champ dérivé (soit 92°) à pleine tension et pleine intensité et pour différents angles de retard du courant de charge. Le compteur étant supposé parfaitement étalonné pour charge non inductive, la courbe montre que l'erreur est maxima pour un retard ou une avance de 90° dans le courant de charge; par suite, tout système d'intégration de puissance polyphasée basé sur le fonctionnement d'un compteur à déphasage de 90° ou voisin de 90° est susceptible de donner lieu à cette erreur.

Il ne faut pas omettre non plus l'erreur due aux variations de température qui influe particulièrement sur l'exactitude de fonctionnement du compteur d'induction.

On peut d'ailleurs appliquer de plusieurs manières ces compteurs à l'intégration de la puissance polyphasée. L'une d'elles consiste à employer un compteur simple avec boîte de connexion en étoile, la bobine de tension de l'appareil agissant comme un bras de ladite boîte; mais cette méthode n'est applicable que pour une charge parfaitement équilibrée. — Il est préférable, pour appliquer un compteur à un circuit équilibré, d'insérer la bobine d'intensité dans l'un des conducteurs, et la bobine de tension entre ce conducteur et le milieu du transformateur dont le secondaire est relié entre les deux autres conducteurs. — Comme troisième procédé on emploie deux compteurs simples, distincts, connectés de telle sorte qu'ils reçoivent tous deux dans leurs bobines d'intensité les courants de deux des fils, et, dans leurs bobines de tension, respectivement les tensions entre ces deux fils et le troisième.

Ces différentes méthodes offrent toutes des inconvénients auxquels il est plus ou moins facile de parer; mais elles ont en outre le défaut de ne permettre aux appareils aucun contrôle des uns sur les autres et de laisser dans bien des cas toute la responsabilité des mesures à un seul d'entre eux.

Il est de beaucoup préférable de recourir à deux compteurs simples, comme il est dit ci-dessus, mais en les combinant et en reliant au même axe leurs deux éléments mobiles, ce qui constitue le compteur dit polyphasé. Néanmoins cette disposition, si elle pare à la majeure partie des objections précédentes, n'est pas encore exempte de défauts, et, de plus, la réunion des deux appareils en un seul augmente la difficulté d'étalonnage.

Bien supérieur à aucun des procédés qui précèdent paraît être celui qui consiste à employer trois compteurs simples, distincts, montés sur chacune des phases du circuit et dont les bobines de tension sont connectées en étoile avec point de jonction relié au point neutre résultant de la connexion en étoile des secondaires des transformateurs de tension. La somme des trois lectures relevées sur ces appareils donne l'énergie véritablement consommée dans les circuits équilibrés ou non.

Ce groupement de trois compteurs présente des avantages nombreux et marqués sur le compteur polyphasé. Il n'offre tout d'abord pas plus de difficulté d'étalonnage que le compteur simple ordinaire et il en offre moins qu'un compteur polyphasé. En montant les instruments en série on peut même les étalonner tous les trois en très peu de temps de plus que n'en exigerait un seul. C'est là un point important tout à l'avantage de cette méthode. Toutes choses égales d'ailleurs, l'appareil le plus facile à étalonner est, en outre celui qui a le plus de chance d'être exactement étalonné.

Le contrôle des appareils en place, pratiquement impossible avec les compteurs polyphasés, devient relativement aisé dans le cas de trois compteurs simples, ce qui permet d'arriver à une grande précision de mesures. De plus, l'un d'eux se dérangeant, on peut le retirer pour le réétalonner; la consommation continue à s'enregistrer sur les deux autres. La responsabilité des indications se trouve, de plus, répartie sur les trois appareils et non plus confinée sur un seul, ce qui permet de compter sur une moyenne plus sûre. Enfin, une installation comportant trois compteurs simples est moins susceptible d'être affectée par des erreurs dues au décalage de la phase en dérivation. Sans doute, si les trois appareils sont exposés à une même cause d'erreur, l'erreur totale est la même quelle

que soit la méthode de mesure employée; mais il n'est guère probable que les lectures des trois instruments soient entachées de la même erreur et dès lors l'erreur totale sera moindre que dans le cas d'application de deux compteurs ou d'un compteur polyphasé. Les trois compteurs ne risquent pas d'ailleurs de fonctionner sur de fausses différences de phase, ce qui réduit l'erreur qu'on a vue être maxima quand la différence de phase est de 90°.

C'est ce qui résulte des courbes de la figure 7 toutes fournies par le même déphasage de 92°. La courbe A

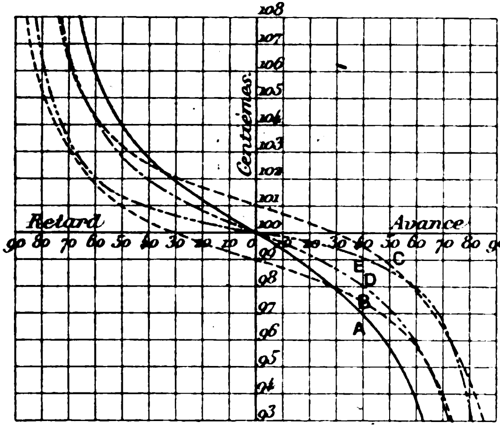


Fig. 7.

montre l'erreur relative pour un décalage se présentant des deux côtés d'un compteur polyphasé et dans trois compteurs simples individuels reliés en étoile, pour la totalité des volts-ampères dans la ligne, en fonction de l'angle (triphasé) de retard. La courbe B fait ressortir le résultat d'un décalage, du côté avance seulement, d'un compteur polyphasé, et la courbe C, du côté retard seulement. La courbe D met en relief le résultat d'un décalage de ce genre dans deux des trois compteurs simples reliés en étoile; et la courbe E, dans un seulement des trois appareils. Il résulte de l'examen de ces courbes que, à ce point de vue, les trois compteurs simples connectés en étoile présentent de sérieux avantages.

Mais le plus important entre tous réside dans le fait que, sur des circuits équilibrés, les trois compteurs se fournissent un contrôle réciproque, permanent et automatique, ce qui permet, au moindre désaccord dans leurs indications, de réparer le défaut sans laisser s'accumuler des erreurs susceptibles de subsister, longtemps inaperçues, avec les compteurs polyphasés. Le montage ici préconisé agit en véritable « indicateur de perturbations », et aucune modification des conditions normales du circuit (rupture d'un fusible de transformateur de tension, court circuit dans un transformateur d'intensité, mauvais contact en un point quelconque des fils d'amenée aux appareils) ne peut se produire sans être immédiatement révélée.

Le seul défaut de cette méthode est d'exiger un conducteur neutre. Elle n'est pas, en conséquence, applicable au montage ordinaire triphasé à trois fils. Cet inconvénient n'existe pas dans les systèmes qui mettent en œuvre des transformateurs de tension, les secondaires de ces derniers pouvant être connectés aussi bien en étoile qu'en triangle, ce qui donne le fil neutre exigé. Le coût des trois compteurs est en outre plus élevé; mais cette considération s'efface devant les garanties offertes par cette disposition en ce qui concerne l'exactitude des consommations à facturer.

En résumé, on peut dire que, parmi les divers systèmes d'intégration de la puissance triphasée, l'emploi de deux compteurs distincts ne donne pas complète satisfaction; que la modification de cette méthode par emploi du compteur polyphasé est de beaucoup préférable, tout en restant encore bien loin de la perfection; et que les trois compteurs distincts constituent la meilleure disposition et s'imposent dès qu'il s'agit d'obtenir un haut degré d'exactitude.

Pour les circuits de faible puissance, à basse tension, à trois fils, il vaut mieux, sans aucun doute, employer le compteur polyphasé; mais la méthode ci-dessus s'applique essentiellement aux circuits de grande puissance pour lesquels on recourt à des transformateurs de mesures et pour lesquels intervient un important facteur de multiplication. L'emploi des trois compteurs connectés en étoile paraît alors s'imposer. E. B.

EXPOSITION ANNUELLE

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Nous commençons aujourd'hui la description succincte des nombreux et intéressants appareils présentés à la Société française de physique, *le* 27, 28 *et* 29 *avril dernier, et que nous n'avons pas encore eu l'occasion de décrire dans nos colonnes. Nous publierons dans un prochain numéro la remarquable conférence de M. Maurice Leblanc sur les tubes à vapeur de mercure de M. Cooper Hewitt et leurs applications.* É. H.

Ampèremètres et voltmètres thermiques de la Maison Breguet. — Ces appareils sont caractérisés par un dispositif compensateur des variations de la température ambiante dont la figure ci-dessous montre les dispositions. Le fil T traversé par le courant à mesurer a 19 cm de longueur. Il est fixé à l'une de ses extrémités à une traverse J et à l'autre extrémité à une courte lame élastique formant articulation sans frottement. Le cadre C formant la carcasse de l'instrument supporte la traverse J par l'intermédiaire de deux ressorts *r* qui tendent à l'écarter du cadre. Sur cette traverse J sont fixés les fils compensateurs constitués par la même matière que le fil T et attachés à leur autre extrémité à un étrier *e*

pouvant pivoter autour des deux pivots *g* montés sur le cadre C.

Une traverse fixe D montée sur le cadre sert de point d'appui à une vis de butée V montée dans l'étrier *e*, ce qui permet de régler la position initiale et la longueur du fil dilatable.

L'articulation flexible *d* porte le levier amplificateur *l* qui transmet les allongements du fil traversé par le

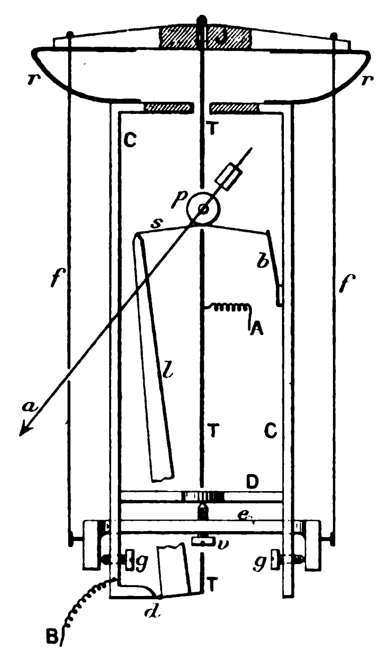


Fig. 1. — Ampèremètres et voltmètres thermiques de la maison Breguet.

courant par un cordonnet de soie *s* enroulé sur une poulie *p* dont l'axe porte l'aiguille indicatrice en aluminium; l'autre extrémité du cordonnet est reliée à un ressort tenseur *b* fixé au cadre C. Le courant arrive au fil par le cadre en B et par une prise isolée A qui, pour les voltmètres, se trouve reportée à l'extrémité du fil thermique et, pour les ampèremètres, est reliée au milieu du fil.

Les variations de température agissant de la même façon sur le fil T et sur les fils *f*, l'aiguille reste dans une position invariable et assure un zéro absolument fixe.

Pour les ampèremètres au-dessus de 10 ampères, la chute de tension ne dépasse pas 0,16 à 0,18 volt. Les voltmètres, sans résistance additionnelle, fonctionnent à partir de 6 volts avec un courant de 0,16 à 0,18 ampère et une déviation de toute l'étendue de l'échelle.

Jusqu'à 150 ampères et 300 volts respectivement, les shunts ou les résistances additionnelles sont disposés dans les boitiers qui affectent des formes adéquates à leurs applications : montages sur tableaux, prises devant ou derrière, appareils portatifs, etc.

Ampèremètres et voltmètres apériodiques à cadre mobile de la Maison Breguet. — Ces appareils sont caractérisés par l'emploi d'aimants de grandes dimensions avec épanouissements polaires, un cadre mobile en cuivre roulé sur une carcasse en aluminium pour réduire le moment d'inertie et augmenter l'amortissement, une aiguille en aluminium équilibrée et un pivotage tout spécial que représente la figure ci-dessous.

Le cadre mobile porte sur sa carcasse en aluminium des crapaudines en saphir *c* dans lesquelles s'engagent des pivots fixes *p*. Le pivot inférieur fait corps avec le

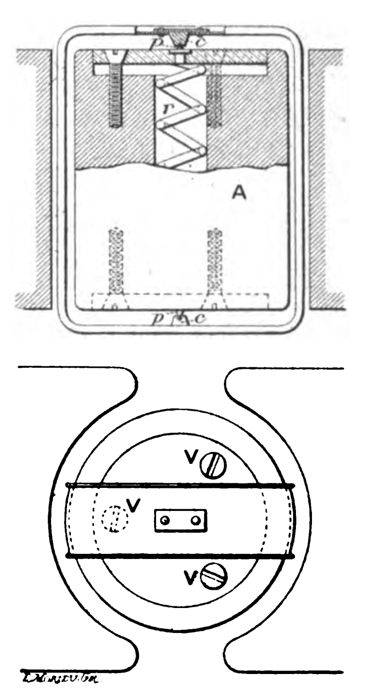


Fig. 2. — Ampèremètres et voltmètres apériodiques à cadre mobile de la maison Breguet.

noyau en fer A tandis que le pivot supérieur est porté par un disque *t* logé dans un évidement ménagé sur le noyau A, maintenu par trois vis V, et refoulé par un ressort *r*. Les vis V permettent de régler la poussée des pivots *p* contre les crapaudines *c* pendant la construction, et d'obtenir un pivotage parfait, sans jeu ni serrage, par des moyens d'une grande simplicité.

Les voltmètres ont une résistance totale de 300 ohms pour 1 volt, et ne consomment, par suite, que $\frac{1}{300}$ ampère pour la déviation totale.

Les ampèremètres absorbent 55 millivolts environ pour la déviation totale.

Pyromètre universel de M. Féry. — Nous avons décrit ici-même le pyromètre thermo-électrique à couple *cuivre-constantan* de M. Féry, dans lequel la soudure n'est jamais portée au-dessus de 80° C, ce qui permet au couple de rester toujours identique à lui-même.

M. Féry avait établi sur ce principe deux modèles d'appareils, le télescope et la lunette pyrométrique. Le télescope était employé pour la mesure des basses températures, 500° à 1000°. La lunette servait à la mesure des températures plus élevées. Les différentes échelles employées étaient les suivantes : de 900° à 1600°, de 1100°

à 1900°, de 1300° à 2000°, etc. Pour chacune de ces différentes échelles, il fallait un appareil différent. Jusqu'à ce jour ces deux modèles étaient employés simultanément dans l'industrie.

La Compagnie pour la fabrication des Compteurs a apporté à ces appareils un intéressant perfectionnement : Dans le but de créer un modèle unique de pyromètre, pouvant mesurer des températures quelconques, sur une échelle beaucoup plus étendue, et avec le même appareil, le télescope a été muni d'un papillon qui permet d'obturer radialement une partie des rayons calorifiques.

En outre le miroir réfléchissant n'est plus argenté sur sa face postérieure, comme dans l'ancien modèle, mais il est recouvert d'une couche d'or sur la partie antérieure, c'est-à-dire sur la surface directement réfléchissante. Avec cette nouvelle disposition, l'appareil suit la loi de Stefan : « La puissance thermique rayonnée par un four ou par « corps noir, est proportionnelle à la quatrième puissance « de la température du corps rayonnant ». Cette loi ne

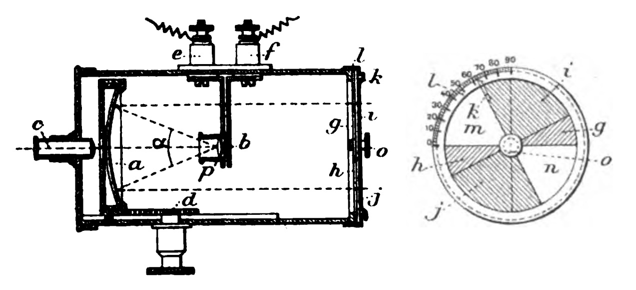


Fig. 3 et 4. — Coupe transversale et vue de face du pyromètre Féry. *a*, miroir. — *b*, couple thermo-électrique. — *g*, *h*, Diaphragme fixe. *i*, *j*, Diaphragme mobile.

s'applique pas rigoureusement lorsque les rayons calorifiques traversent le verre, car l'absorption de la chaleur dans le verre varie suivant une fonction indéterminée de la température puisque dans l'espèce, l'absorption varie en fonction de l'inconnue que l'on cherche à déterminer.

On a remédié à cet inconvénient en faisant réfléchir directement les rayons thermiques sur une surface métallique inaltérable. La puissance thermique réfléchie, pour la même température du four, est ainsi plus élevée que dans l'ancien modèle de télescope. Les températures peuvent être mesurées à partir de 400° C avec un télescope non muni de papillon, et avec le télescope à papillon, le même appareil peut mesurer des températures quelconques au-dessus de 600° C.

L'échelle de températures tracée sur le galvanomètre correspond à la pleine ouverture du papillon. Pour mesurer une température plus élevée, il faut faire tourner le papillon d'un angle déterminé, mesuré sur graduation circulaire. Les températures sont indiquées dans une table de référence se rapportant à cet angle, et donnant les températures en fonction de la différence de potentiel des soudures du couple électro-thermique.

Pyromètre enregistreur de M. Féry. — Le pyromètre universel décrit ci-dessus utilise un couple cuivre-constantan dont la force électromotrice est généralement comprise entre 1 et 2 millivolts et ne produit, par suite, qu'un courant très faible. Pour enregistrer un courant d'une aussi faible intensité, il est indispensable de faire tracer la courbe de température par points. Le galvanomètre enregistreur a été réalisé de la manière suivante :

Une bande de papier, entraînée par un mouvement d'horlogerie, est soulevée à des intervalles de temps égaux par une lame commandée par l'horlogerie elle-même. A chaque soulèvement une plume encrée marque un point.

Pour éviter les variations du poids de la plume, produite par le poids variable d'encre, la plume prend son encre à des intervalles de temps rapprochés, après avoir marqué 10 points. Pour cela une seconde lame met le galvanomètre en court-circuit, ce qui ramène son aiguille au zéro. Dans cette position, la plume se trouve au-dessus d'un encrier, porté par la barette qui soulève le papier. Lorsque la première lame produit le soulèvement du papier, l'encrier se soulève et la plume se trouve immergée dans l'encre.

Limiteur de courant, système Parvillée frères. — Les usines d'électricité qui facturent l'énergie électrique au kilowatt-an ou au cheval-an constatent fréquemment des dépassements souvent considérables dans la puissance totale fournie aux abonnés sans pouvoir se rendre compte du ou des clients qui en sont la cause, volontaire ou non. On a essayé de remédier à ces consommations excessives à l'aide de fusibles et de disjoncteurs automatiques.

Les fusibles ne fonctionnent qu'avec une précision tout à fait insuffisante, et généralement au double du débit maximum normal, ce qui laisse une trop grande marge à l'abus de courant.

Les disjoncteurs automatiques fonctionnent, eux, très différemment suivant que le débit maximum correspondant à la rupture a été atteint brusquement ou graduellement. De plus, s'ils sont réglés un peu près, ils coupent inévitablement le courant au moment d'un démarrage, ce qui n'est pas admissible, l'excédent de courant consommé pendant un temps extrêmement court doit être forcément toléré dans une certaine mesure.

On en arrive alors, pour satisfaire à ces exigences, à demander à un appareil des conditions de fonctionnement extrêmement variées : 1° il ne doit pas couper le courant au moment du démarrage même avec un surcroît de consommation important; 2° il doit couper le courant si un excédent de consommation de quelques centièmes persiste pendant un certain temps; 3° il doit également couper le courant mais alors dans un temps très court si cet excédent est d'une certaine importance; 4° il doit pouvoir fonctionner sur des courants continus ou alternatifs entre 110 et 1000 volts.

L'application du chauffage électrique aux limiteurs de courant permet précisément de remplir les conditions très variées du programme ci-dessus, puisqu'il fait intervenir deux facteurs; l'intensité et le temps. La rupture du courant est obtenue par la fusion artificielle du plomb

fusible au moyen d'un circuit spécial de chauffage réglable suivant les besoins.

La dilatation d'un fil métallique dans lequel passe le **courant de ligne met** en mouvement deux contacts successifs :

Le premier, qui correspond à un excédent de 2 pour 100 de la consommation maxima normale, ferme le circuit de chauffage à faible intensité et provoque la fusion du plomb de sûreté au bout de cinq minutes.

Le second, qui correspond à un excédent de 20 pour 100 de la consommation maxima normale, provoque la fusion du plomb au bout de 30 à 40 secondes.

Enfin, un excédent de consommation même très élevé pendant un temps extrêmement court, comme un démarrage par exemple, ne provoque pas la rupture du circuit. Le chauffage cesse de fonctionner aussitôt que la consommation est redevenue normale.

Les limiteurs de courant Parvillée peuvent être employés sur les courants continus ou alternatifs et construits pour toutes intensités et toutes tensions. Ils peuvent être placés à poste fixe ou temporairement chez les abonnés des stations centrales facturant l'énergie électrique en se basant sur une puissance limitée disponible pendant toute l'année, avec tolérance de dépassements de courte durée.

Compteur d'induction pour distribution par courants triphasés, système Aron. — Cet appareil est constitué par deux compteurs d'induction absolument distincts à courants alternatifs simples et reliés entre eux électriquement en utilisant le principe de l'emploi des deux wattmètres, imaginé et décrit par M. Aron en 1892. Les indications de ces deux wattmètres sont totalisées algébriquement par un différentiel. On réalise ainsi l'indépendance absolue des deux wattmètres, ce qui donne avec un poids très faible de l'organe mobile comprenant un seul disque au lieu de deux, une très grande sensibilité et un réglage des plus faciles. Ce compteur présente d'ailleurs tous les perfectionnements des autres compteurs, minuterie à sautoir et à lecture directe en chiffres très apparents, commande des crapaudines, etc....

Compteur à remontage électro-automatique « système Aron », type spécial pour traction électrique. — Ce type spécial se prête aussi bien que les types normaux à la mesure de l'énergie sur n'importe quel genre de distribution, mais des modifications importantes en ont fait un appareil spécialement destiné à être placé sur les tramways et locomotives électriques et tous appareils soumis à des trépidations, des secousses ou des chocs.

Les pendules sont remplacés par des balanciers à spiral absolument insensibles aux chocs et trépidations, de même qu'aux différences d'aplomb, quelle qu'en soit l'importance.

On peut donc garantir le bon fonctionnement de l'appareil, quelle que soit sa position, et malgré les secousses auxquelles sont soumis tous les organes d'une voiture électrique.

De même on a prévu une surcharge très large résultant des démarrages des moteurs. Malgré cela, ce genre de compteurs conserve sa sensibilité d'enregistrement.

On peut donc garantir de ce compteur :

1° L'exactitude d'enregistrement, jusqu'aux plus faibles débits; 2° La résistance aux chocs ou trépidations qui ne peuvent influencer sa marche; 3° le maintien de son exactitude, malgré les surcharges fréquentes causées par les démarrages; 4° son encombrement restreint.

Les connexions ne diffèrent en rien de celles des autres types.

La réalisation pratique de cette application particulière a d'ailleurs fait l'objet d'une longue série d'études et d'applications qui ont démontré la sécurité de son fonctionnement.

Indicateur du maximum de consommation d'un abonné, système Aron. — La minuterie des compteurs à remontage électro-automatique *système Aron*, actionne par des roues intermédiaires un axe qui par un entraîneur fait avancer une aiguille placée au-dessus du cadran. Dans des intervalles déterminés, par exemple toutes les dix minutes, l'axe même est ramené au point de départ tandis que l'aiguille qui était entraînée seulement dans le sens en avant reste à sa dernière position. Dans le second intervalle, le jeu commence de nouveau. Si la consommation atteint une valeur supérieure, l'aiguille est naturellement poussée plus loin que cette plus-value ; dans le cas contraire, l'aiguille restera sur sa première position, parce que la consommation du premier intervalle était la plus élevée.

Dans le mouvement des compteurs à remontage électro-automatique *Système Aron*, le fonctionnement de l'inverseur est bien connu. Ce dernier change toutes les 10 minutes, comme on le sait, le sens du courant dérivé et la marche des balanciers pour annuler les erreurs.

En transmission directe avec cet organe général se trouve pris l'axe pour indiquer le maximum. Par des cliquets et un ressort spiral, cet axe est ramené au zéro toutes les 10 minutes en correspondant directement avec l'inverseur. On pourrait également, par des roues intermédiaires choisir tout autre intervalle, s'il est nécessaire.

D'autre part, l'avance de l'aiguille est provoquée par la minuterie qui ne doit produire nul effort et garantit aussi la sûreté de fonctionnement, surtout pour les faibles débits.

L'aiguille indicatrice se trouvant au-dessus du cadran peut être ramenée tous les mois à zéro, par exemple au moment du relevé du cadran.

A cet effet, on a facilement accès, par l'extérieur à un bouton qui est le prolongement axial de l'axe. Ce bouton est naturellement, en état normal, caché par un petit globe qui peut être plombé.

Les compteurs à remontage électro-automatique se prêtent donc merveilleusement à l'indication du maximum

de la consommation. Sans avoir recours à des appareils spéciaux, les compteurs Aron permettent donc une solution à la fois simple, sûre et économique. Ceci a son importance, car beaucoup de techniciens n'ont pas cru devoir préconiser le tarif maximum en raison même de la nécessité d'employer deux appareils distincts (compteur et indicateur de maximum).

Compteurs à double tarif. — La double tarification peut être obtenue :

1° Avec un compteur à double tarif présentant d'un côté une horloge à remontage électro-automatique qui commande *mécaniquement*, par une transmission à bielle, un intermédiaire engrenant suivant le tarif considéré avec le premier mobile de l'une des deux minuteries. Cette bielle commande en même temps un index visible sur le cadran pour que l'on puisse savoir exactement le tarif en cours à l'instant considéré.

L'horloge est mise en mouvement par une force toujours constante, ce qui permet d'obtenir une précision plus grande et une consommation pratiquement nulle. En cas de cessation du courant, l'horloge fonctionne d'elle-même 60 heures environ.

2° Soit avec une horloge à contacts, basée sur le même principe que le compteur à double tarif, mais où la transmission à bielle est remplacée par une lame qui peut porter sur deux contacts constituant les départs de deux circuits. On peut ainsi utiliser des compteurs quelconques et même commander plusieurs appareils par une seule horloge. Cette horloge à contacts peut servir également à commander un compteur unique à double minuterie. Le déplacement de la bielle commandant successivement les deux minuteries, au lieu de se faire mécaniquement, s'opère par un relais dont l'armature, en se déplaçant provoque l'engrènement d'un intermédiaire avec l'une ou l'autre des deux minuteries.

(*A suivre.*) A. Z.

COMPTEUR ÉLECTROLYTIQUE

SYSTÈME WRIGHT

L'importance pour les stations centrales d'un enregistrement exact par les compteurs, même pour les plus faibles débits, n'est plus à démontrer. Par suite des grands progrès réalisés dans ces derniers temps, et des nombreuses installations qui ont été mises en exploitation, à l'heure actuelle, le nombre des petits consommateurs et, par conséquent, celui des petits compteurs, est considérable.

Une grande proportion de la consommation des petites installations est obtenue par l'usage habituel de une ou deux lampes, de sorte que, chaque jour, les compteurs fonctionnent pendant plusieurs heures à faible débit.

L'exactitude, sous un tel régime, est donc une condition essentielle pour un bon compteur; autrement, une proportion considérable de l'énergie produite à la station n'est pas enregistrée et se trouve perdue pour l'exploitation du réseau.

En vue de réduire au minimum les pertes auxquelles nous faisons allusion, M. Wright, l'inventeur bien connu des indicateurs de maximum, a combiné un compteur qui enregistre avec autant d'exactitude les faibles et les forts débits, et pour cela c'est à l'électrolyse qu'il s'est adressé. Hâtons-nous de dire que les inconvénients qui avaient fait rejeter les premiers compteurs de ce genre ont été ingénieusement combattus, comme on va le voir.

Le principe du compteur Wright est basé sur la décomposition électrolytique d'une solution d'un sel *de mercure*, et nous savons que la quantité de métal déposée est rigoureusement proportionnelle à la quantité d'électricité qui traverse l'électrolyte. Ce dernier est de l'azotate mercureux placé dans un réservoir en verre soufflé de forme spéciale et hermétiquement fermé. L'anode A (fig. 1) est formée de mercure, et la cathode C de platine.

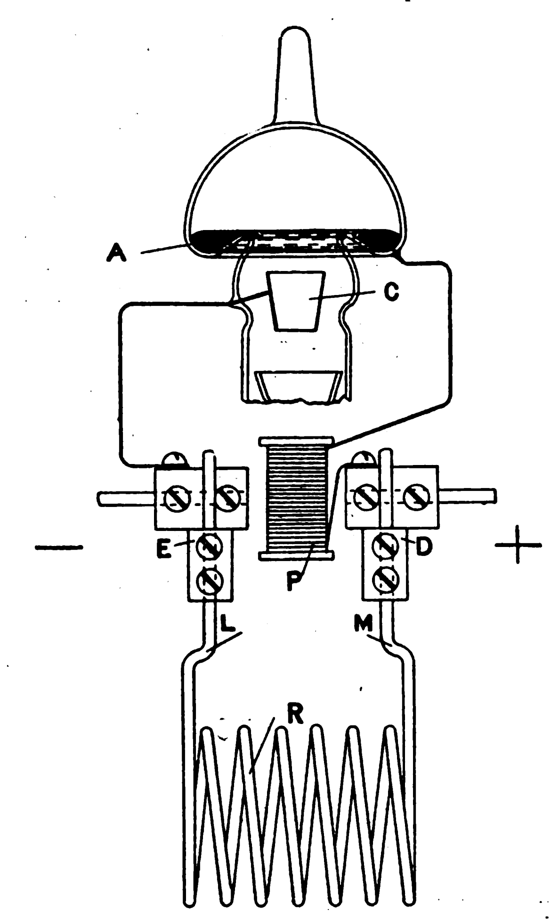


Fig. 1. — Schéma du montage du compteur Wright.

En série avec la cuve électrolytique, est placée une bobine de grande résistance P, et l'ensemble de la cuve et de sa résistance en série est monté en dérivation sur une résistance R traversée par le courant total. Les résistances sont convenablement choisies pour que seulement

0,005 du courant total à mesurer passe dans l'électrolyte. Les connexions sont du reste clairement indiquées sur la figure 1. Le courant entre par la borne D et la plus grande partie de ce courant passe par la faible résistance R en sortant par la borne E. Le courant dérivé qui actionne le compteur et qui est toujours une fraction constante du courant total, part de la borne D et va à l'anode à mercure à travers la résistance à fil fin P. De là le courant va à la cathode C à travers l'électrolyte, et aboutit à la borne E.

Les rapports des résistances P et R sont calculés tout d'abord, mais le dernier réglage au laboratoire d'étalonnage est obtenu en faisant glisser, vers le bas ou vers le haut, les deux fils L et M dans les deux trous percés dans les bornes E et D, en faisant varier ainsi la valeur de la résistance R.

Fonctionnement. — Quand un courant passe à travers le compteur, du mercure se dépose sur la cathode C, d'où il tombe en fins globules dans un premier tube gradué, qui donne directement, par une simple lecture, l'indication de la dépense.

Ce tube a la forme d'un siphon, de sorte que, lorsqu'il est rempli d'une quantité de mercure correspondant à 1000 A-h, soit à 100 kw-h si l'énergie est distribuée à 100 volts, il se vide complètement et automatiquement dans le tube inférieur. Celui-ci possède une échelle de graduation dont chaque division correspond à 100 kw-h.

Au fur et à mesure que ce mercure se dissout à l'anode, du nouveau mercure le remplace, provenant du réservoir F (fig. 2). Ce réservoir fonctionne de la même manière

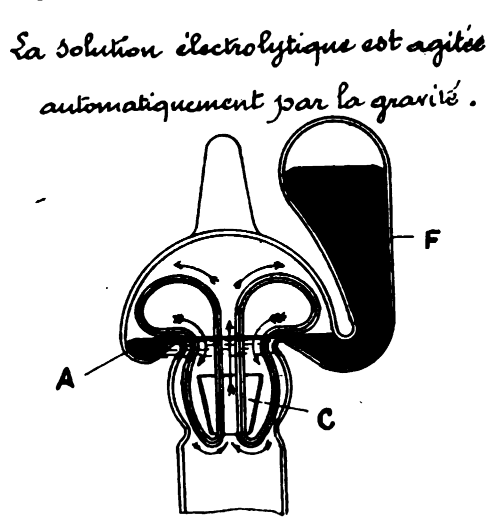


Fig. 2. — Circulation des liquides dans le compteur Wright.

que l'appareil bien connu sous le nom de « Fontaine des Oiseaux » et maintient constant le niveau du mercure.

Remise à zéro. — Après avoir enregistré 1000 kw-h, le compteur doit être ramené à zéro. Ce résultat est obtenu par la simple manœuvre du renversement de l'ensemble du tube autour de la charnière du support, de façon que le mercure retourne à l'anode et au réservoir (fig. 3). Il est d'ailleurs visible que la simplicité de cette remise à zéro est due à ce que l'électrolyte est renfermé dans un tube hermétiquement scellé, ce qui est une amélioration notable sur ce qui se faisait dans les anciens

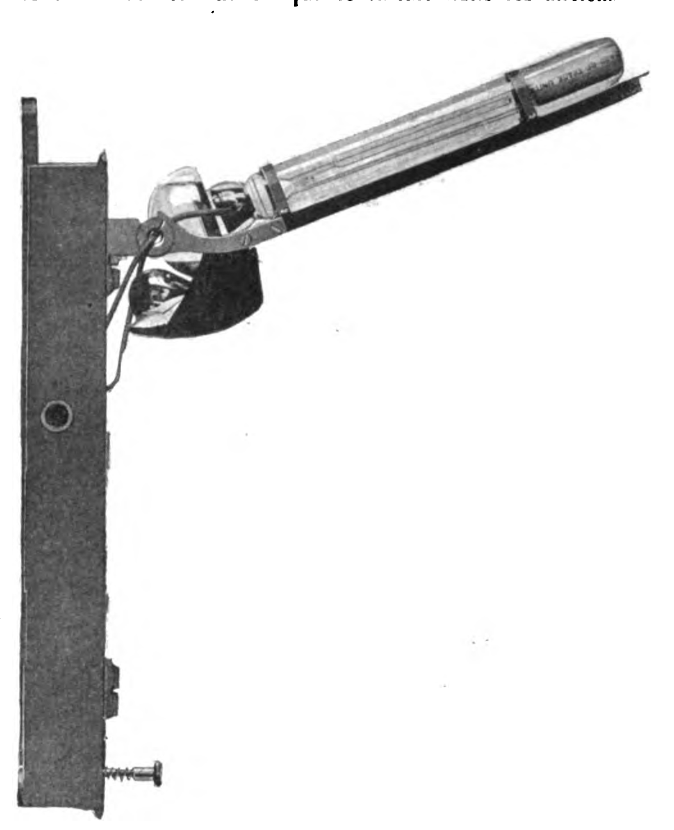


Fig. 3. — Remise au zéro du compteur.

compteurs électrolytiques. Il n'est de plus jamais nécessaire d'ajouter de la nouvelle solution, ce qui supprime toute manipulation.

Étalonnage. — Le point auquel le mercure siphonne est d'abord déterminé par expérience, et la distance entre le zéro et ce point est supposé représenter 100 kw-h. Le tube-siphon est alors divisé soigneusement entre ces deux points extrêmes, de façon que la quantité de mercure contenue dans chacune des 100 divisions puisse correspondre à 1 kw-h. Une vérification ultérieure est faite après le fixage du siphon dans le tube principal, pour voir si ce siphonnage se produit toujours exactement au même point.

Le tube, les résistances et les autres parties ayant été fixés dans la boîte, les compteurs sont envoyés à l'étalonnage, où une grande quantité de compteurs sont placés en série pendant une longue période avec des charges variables.

Toute correction nécessaire dans la valeur calculée de la résistance principale est obtenue en faisant glisser le shunt vers le haut ou vers le bas, dans les bornes E et D (fig. 1). Environ 6,5 mm de glissement correspond à une correction de 1 pour 100. Les compteurs ne sont du reste mis en fonctionnement que lorsqu'ils ont été reconnus

exacts à 1 pour 100 près, après de longs et soigneux essais.

Les raisons qui contribuent à l'exactitude de ce compteur sont les suivantes : En premier lieu, l'absence de force contre-électromotrice ou, pour parler plus exactement, sa valeur négligeable (elle n'excède pas 0,0001 volt). Comme la perte de charge dans le compteur est à pleine charge de 1 volt, l'erreur due à la force contre-électromotrice ne dépasse pas 1 pour 100 au centième de la charge maxima. Il est difficile d'enlever de l'esprit la prévention engendrée par les anciens compteurs électrolytiques, ces appareils présentaient en effet une grande force contre-électromotrice et une importante chute de tension, tandis que dans le compteur Wright, la f. c. é. m. est négligeable, et la perte de tension n'excède jamais 1 volt.

Cette faible f. c. é. m. a de plus comme avantage, qu'elle élimine la formation de cristaux sur l'électrode en platine, dépôt qui se manifeste d'une façon si funeste dans les compteurs Edison et autres appareils électrolytiques. On comprend facilement en effet qu'une grande f. c. é. m. est due en grande partie à la différence de concentration dans les diverses parties de l'électrolyte et que, avec une circulation convenable, on peut la rendre très petite.

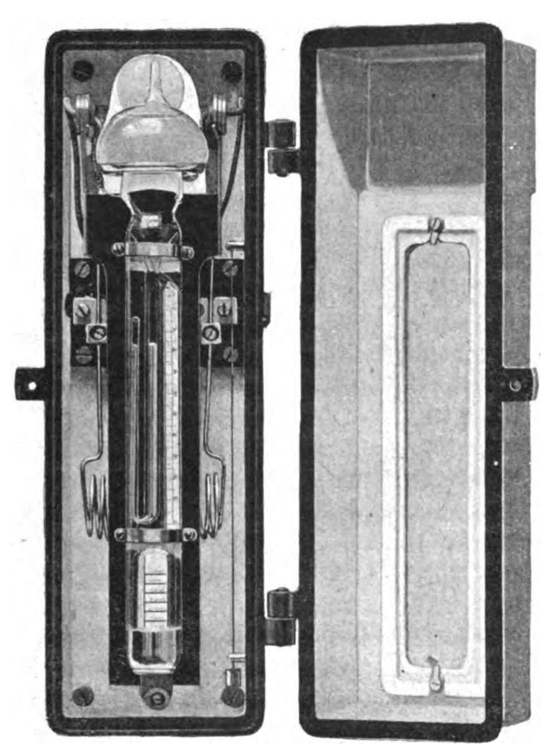


Fig. 4. — Vue d'ensemble du compteur Wright.

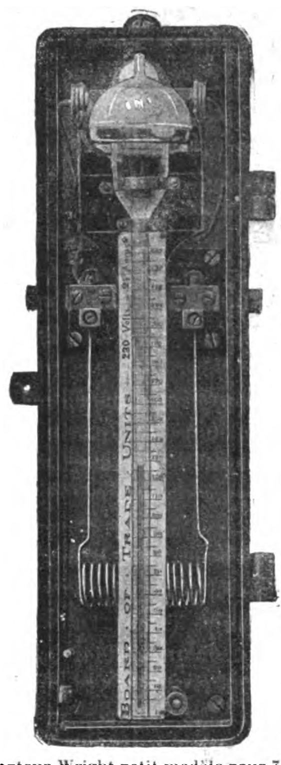


Fig. 5. — Compteur Wright petit modèle pour 5 ampères.

Dans le compteur Wright, la circulation se fait par gravité et elle est entièrement automatique. La solution lourde formée à l'anode descend, tandis que la solution plus légère formée à la cathode s'élève, l'échange de solution étant facilitée par la surface incurvée de l'anode. Les flèches de la figure 2 indiquent le sens de la circulation.

Le fait d'avoir l'anode au-dessus de la cathode est donc d'une importance capitale. Dans les premiers types, on désirait à tel point faciliter cette circulation par gravité, que l'on a commis l'erreur de faire l'auget de l'anode trop creux, en courant ainsi le risque qu'un peu de mercure déborde quand le compteur est soumis à des vibrations. Il fut reconnu cependant que la circulation automatique était si active que l'auget de l'anode pouvait être fait assez profond pour éviter toute possibilité de déversement de mercure, même avec de très grandes vibrations.

Constance des indications. — Comme nous l'avons indiqué plus haut, le réservoir d'alimentation de l'anode assure la constance du niveau dans l'auge circulaire. Sa distance moyenne de la cathode est donc toujours invariable, sa surface est également constante, puisqu'elle dépend seulement de la hauteur à laquelle le mercure s'élève dans l'auge.

Les aires de l'anode et de la cathode étant ainsi constantes, et la longueur moyenne du chemin suivi par le courant étant ainsi rendue constante, la résistance ne peut changer. Le liquide n'étant jamais soumis aux effets atmosphériques, aucune transformation chimique ne peut se produire.

Il est intéressant de remarquer que dans ce compteur, la compensation des variations des résistances avec la température se fait automatiquement. En effet, la résistance de l'électrolyte diminue avec l'augmentation de température, tandis que l'inverse se produit avec des fils de cuivre.

Par conséquent, si la bobine de fil fin est enroulée convenablement, dans les limites données de tempéra-

ture, l'augmentation de résistance de la bobine contrebalancera la diminution de résistance de l'électrolyte.

La résistance de l'électrolyte ayant été soigneusement mesurée, la longueur du fil nécessaire est d'abord enroulée sur la bobine et le complément de la résistance totale sera constitué par un enroulement en maillechort.

Les figures 4 et 5 sont des vues d'ensemble du compteur Wright, lequel s'établit aussi facilement pour trois que pour deux fils. A. S.

RÉSISTANCE D'ISOLEMENT

DES CABLES A HAUTE TENSION

ISOLÉS AU PAPIER IMPRÉGNÉ

Les spécifications relatives à la fourniture de câbles à haute tension prescrivent souvent qu'ils doivent avoir des résistances d'isolement extraordinairement élevées. Sans examiner la chose plus à fond l'acheteur croit que, quand il réclame pour un câble à basse tension un isolement de quelques centaines de mégohms-kilomètre [1], il peut en réclamer quelques milliers dans le cas d'un câble à haute tension.

Le fabricant de câbles peut facilement satisfaire à ces conditions en employant une matière imprégnante solide, mais le plus souvent les couches isolantes deviennent dures et cassantes. Quand une des plusieurs couches isolantes est fendue, il y a chance d'une décharge de rupture pour toutes les couches quand on applique une tension élevée.

On peut très facilement le montrer pour une plaque quelconque de matière isolante. Si, par exemple, on place une plaque de verre entre deux électrodes en pointe que l'on relie aux bornes d'un transformateur à haute tension, il est impossible la plupart du temps de percer la plaque, mais si, au moyen d'un diamant, on pratique un léger trait à la surface de la plaque de verre, et qu'on la soumet de nouveau à l'influence des électrodes, la plaque ne tarde pas à être percée à l'endroit de l'attaque par le diamant.

Il faut donc que l'isolant des câbles à haute tension soit très mou, de sorte que, lorsqu'on plie le câble en le manipulant, on n'occasionne pas des fentes dans le papier. Ceci n'est cependant possible que quand la matière imprégnante est composée en grande partie d'huiles. On obtient alors une résistance linéaire d'isolement plus faible.

On admet souvent qu'une résistance d'isolement élevée diminue les pertes dans un câble à haute tension, cela n'est cependant pas vrai.

Les pertes principales, à côté de celles dues à la résistance ohmique du métal, sont dues à l'hystérésis du diélectrique.

[1] Les résistances linéaires d'isolement doivent se mesurer en *mégohms-kilomètre* et non pas en *mégohms par kilomètre*, comme on le dit trop souvent.

M. Humann a exposé récemment dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* le résultat de ses recherches que nous résumons ci-dessous.

M. Humann a procédé à des mesures sur deux câbles à courants triphasés pour 5000 volts, ayant une section de 3,25 mm². Les pertes par hystérésis du diélectrique ont été mesurées après une minute d'électrisation.

Ces mesures ont été faites dans le laboratoire de la maison Felten et Guillaume; on a mesuré chaque fois le total des pertes pour les trois conducteurs.

Le premier câble avait un isolement linéaire de 1280 mégohms-km et une capacité linéaire de 0,284 microfarad par km.

Le tableau suivant donne le résultat des mesures.

Tension en v.	Perte linéaire en w : km.
2 745	13,58
4 160	30.70
5 220	48,35
6 260	69,30
7 470	99,80
8 540	129,40
10 270	195,70
11 470	243,80

Le deuxième câble essayé avait un isolement linéaire de 10850 mégohms-km et une capacité linéaire de 0,282 microfarad par km.

Le tableau suivant donne le résultat des mesures.

Tension en v.	Perte linéaire en w : km.
3200	16,40
4000	25,40
4800	36,30
5600	49,50
6400	64,80
7200	84,10
8000	100,40

Les différences des résultats des deux séries de mesures est au plus de 10 pour 100.

Les mesures ont été faites au wattmètre à miroir : comme l'exactitude n'en est pas très grande, on peut admettre les mêmes pertes dans les deux câbles, bien que le premier ait une résistance d'isolement 8,5 fois moins forte que le second.

Si le câble n'était pas parfaitement séché, les pertes dans le diélectrique augmenteraient rapidement. Afin de vérifier ce fait, M. Humann a mesuré les pertes dans le diélectrique d'un câble simple de 120 mm² de section qui n'avait été qu'imparfaitement desséché.

La résistance linéaire d'isolement était de 90 mégohms-km, et la capacité linéaire de 0,88 microfarad par km.

Les résultats des mesures sont indiqués dans le tableau suivant :

Tension en v.	Perte linéaire en w : km.
2750	66,2
3520	131,0
4470	246,0
5180	364,6
5890	525,0
6650	728,2
7320	947,8
7920	1184,2

Pour trouver les pertes dans un câble simple convena-

blement séché, afin de les comparer aux valeurs données ci-dessus, M. Humann a soumis aux mesures un câble simple de 50 mm² de section. On a ajouté au tableau donnant les résultats de ces mesures une troisième colonne dont les valeurs sont le produit des pertes par 1,463. On peut comparer ces valeurs de la troisième colonne aux pertes dans le câble mal séché. En effet, beaucoup de mesures faites sur des câbles également séchés ont montré que les pertes dans le diélectrique pour des tensions égales sont proportionnelles à la capacité.

Les dimensions des deux câbles sont :

Diamètre.	Section de 50 mm².	Section de 120 mm².
De l'âme en cuivre	9,15 mm.	14,2 mm.
Sous plomb.	13,15 —	18,2 —

Donc pour comparer les pertes mesurées pour un câble de 50 mm² à celles pour un câble de 120 mm², on doit multiplier ces pertes par le coefficient

$$\frac{\log \frac{13,5}{9,15}}{\log \frac{18,2}{14,2}} = 1,463.$$

Le câble de 50 mm² était régulièrement imprégné et séché, sa résistance linéaire d'isolement était de 2550 mégohms-km, sa capacité linéaire de 0,365 microfarad par km.

On a obtenu les valeurs suivantes :

Tension U.	$\frac{P}{l}$, Pertes linéaires en w : km.	$1,463 \cdot \frac{P}{l}$.
3000	51,3	83,1
4610	84,7	124,0
5560	129,4	189,4
6640	184,4	270,0
7640	249,0	364,2
8750	343,0	502,0
9600	431,5	631,5

De toutes ces mesures on peut tirer la conclusion que pour des câbles convenablement desséchés, les pertes ne sont pas pratiquement influencées par la résistance d'isolement.

Ces pertes prennent par contre une grande importance dans les câbles faiblement isolés qui n'ont pas été bien séchés.

Pour faciliter la fabrication de câbles à haute tension qui n'aient pas seulement une grande résistance à la rupture, mais qui encore puissent être manipulés sans danger, il est bon de demander une résistance d'isolement modérée, en tout cas on ne devrait jamais demander plus de 1000 mégohms-km à 15° C. Il faut bien se rappeler qu'un câble de 300 mégohms-km peut avoir les mêmes avantages qu'un câble de 1000 mégohms-km. Par contre, il est inutile et dangereux d'exiger plus de 1000 mégohms-km.

Une mesure d'isolement n'a pour but que de se rendre compte qu'un câble n'a pas de défaut de construction, on ne doit pas lui donner d'autre signification.

Les mesures de pertes ont été exécutées avec du courant à la fréquence 53. La courbe du courant employé différait malheureusement d'une sinusoïde, de sorte que les valeurs trouvées ne sont pas absolument exactes, elles sont cependant comparables.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

L'électricité dans les mines de charbon. — Le *Home Office* vient de publier de nouveaux règlements pour l'installation et l'emploi de l'énergie électrique dans les mines; nous donnerons un extrait des plus importants articles :

1° *Généralités.* — Tout appareil ou conducteur électrique doit être suffisamment prévu dans ses dimensions pour le travail qu'il doit exécuter, et sa construction doit être telle que la température la plus élevée qu'il atteigne en fonctionnement normal ne nuise pas à la conservation des isolants.

Lorsque l'on utilise une tension de 250 à 650 volts pour la force motrice ou pour les lampes à arc en série on devra recouvrir tous les câbles d'une armure solide en métal qui sera reliée à la terre, ceci afin d'éviter autant que possible le danger d'incendie ou les secousses pour le personnel. Les moteurs actionnant les machines à couper ou à extraire le charbon ne doivent pas fonctionner à plus de 650 volts. On ne devra employer la tension de 650 volts que pour la transmission à distance ou pour les moteurs. Toutes les machines, les appareils et les câbles à haute tension doivent porter peint en rouge le mot « danger ». Dans toutes les mines on devra tenir un plan mis à jour qui indiquera l'emplacement de toutes les machines électriques fixes et de toutes les canalisations de la mine.

2° *Stations génératrices.* — Lorsque la station centrale est sous le contrôle du propriétaire de la mine et si elle est à une distance de la mine supérieure à 370 mètres, on devra établir tout près de l'entrée une boite de coupure d'où on pourra interrompre le courant sur les circuits de la mine.

On devra laisser un passage libre de 95 centimètres au devant et en arrière des tableaux de distribution. Chaque dynamo génératrice doit être munie d'un interrupteur entre la génératrice et les barres. Si les câbles de transmission de la station centrale à la mine sont aériens, il devra y avoir des parafoudres en relation avec les fils des circuits d'alimentation.

Il est défendu d'attacher les câbles ou fils qui ne sont pas munis d'armatures métalliques aux murs ou au bois avec des crochets ou des supports métalliques.

Les câbles souterrains suspendus doivent être attachés avec du cuir ou toute autre matière flexible de telle manière qu'ils puissent se détacher facilement quand ils

sont heurtés et cela avant que les câbles soient sérieusement atteints.

Tous les câbles volants pour les machines portatives seront choisis très flexibles, bien isolés et protégés avec une armature de fil de fer galvanisé ou avec toute autre protection mécanique.

Tous les moteurs avec leur rhéostat de démarrage doivent être protégés par des interrupteurs capables de rompre en charge et placés dans un endroit convenable près du moteur. Tout moteur de 8 kilowatts ou plus, installé dans une salle de machines souterraine doit être muni d'un ampèremètre convenable pour indiquer la charge de la machine.

La traction électrique par locomotive au moyen du système à trolley n'est autorisée en aucun endroit dans les mines.

La transmission à vitesse variable de Newman. — Un des stands qui a attiré beaucoup l'attention à l'exposition d'automobiles de l'Olympia fut celui où figurait une transmission à vitesse variable qui paraît spécialement applicable, non seulement aux automobiles et aux omnibus électriques, mais aussi pour la mise en marche de machines-outils. On pourra l'adapter à toutes les machines actionnées par l'électricité, pour lesquelles on demande une vitesse variable, telle que la commande des machines à imprimer le papier et les toiles. Cet appareil présente un intérêt spécial pour les voitures automobiles, car on sait combien est incommode le changement ordinaire de vitesse pour le mécanicien.

Dans l'appareil Newman on peut obtenir d'un arbre actionné à une vitesse constante, une gamme complète de vitesses, qui varient de zéro (point d'arrêt) à la pleine vitesse, par des changements parfaitement graduels, et la variation est accomplie sans la moindre difficulté ou sans le moindre choc. On fixe au bout de l'arbre à vitesse constante une manivelle ou un excentrique à course variable. A l'aide d'un mécanisme convenable on peut faire varier la course de cet excentrique à volonté. Si l'excentrique se meut, des griffes sont mises en mouvement d'arrière en avant à chaque révolution de l'excentrique d'un angle qui dépend de la course de cet excentrique. Si le centre de l'excentrique coïncide avec le milieu de l'arbre à vitesse constante, les griffes seront au repos. Comme chaque griffe ou cliquet va et vient d'avant en arrière, elle fait avancer son rochet d'un angle bien défini, puis elle le libère, mais il faut bien remarquer qu'avant de le libérer, la griffe suivante vient en prise et continue le mouvement de sorte que le déplacement du rochet et de l'arbre à vitesse variable sur lequel il est claveté est continu; cette vitesse dépendant de l'angle sous lequel la griffe oscille, angle qui est donné par la course de l'excentrique. Avec une course nulle, l'arbre à vitesse variable est au repos, mais il commence à se mouvoir aussitôt qu'on donne une petite course à l'excentrique, et il atteint sa grande vitesse avec la plus grande course de l'excentrique.

Ces appareils sont fabriqués de toutes grandeurs et peuvent convenir à toutes sortes de cas. On peut les trouver chez MM. Johnson et Phillips à Old Charlton, Kent, et à Londres.

Un important projet de transmission d'énergie électrique dans Londres. — Un correspondant d'un journal du soir de Londres a eu une entrevue avec M. James Talcona, qui est un des promoteurs du grand projet qui vient d'être soumis au Parlement. Il a dit que jusqu'à présent 90 pour 100 des machines des stations centrales de Londres ont été employées pour l'éclairage, et 10 pour 100 seulement pour la force motrice. D'après son avis, il serait possible de fournir l'énergie électrique à assez bon compte pour qu'on puisse vendre 10 fois autant de courant pour la force motrice que pour l'éclairage.

Le but de ce projet est de rendre l'électricité si bon marché que personne ne pourra plus s'en passer. De plus, la grande diminution de fumée serait pour les habitants de Londres une considération importante. Jusqu'à présent on a accordé bien plus d'attention à l'éclairage qu'à la force motrice, parce que la lampe électrique a été perfectionnée et employée bien avant le moteur électrique.

On remarque en outre que depuis 1889 les Sociétés anonymes d'électricité ont fait de si bonnes affaires avec l'éclairage qu'elles ne se sont pas occupées de la force motrice. Le coût de la force motrice est plus élevé à Londres qu'en tout autre endroit. Le prix moyen de revient dans cette ville atteint aujourd'hui pour l'énergie 3,5 centimes le kw-h, tandis que le coût actuel de production ne devrait pas dépasser 0,5 centimes par kw-h. L'Est de Londres est un des plus grands centres de fabrication du monde. Il est vrai de dire que les affaires y sont mauvaises, mais la cause principale est que les fabriques importantes ont été transportées aux endroits où le charbon est le moins coûteux.

Une distribution d'énergie électrique à bon marché mettrait l'Est de Londres dans une situation aussi avantageuse que les endroits où le charbon est en abondance, ce qui améliorerait l'industrie qui pourrait lutter avec des armes égales.

Le bill est rédigé de façon à ce que la distribution soit laissée aux mains des sociétés existantes partout où c'est possible, mais la compagnie se réserve le droit de fournir l'énergie directement à de grands consommateurs tels que les Docks (quais). Ce bill traite sur un pied d'égalité la compagnie qui fournit l'énergie au petit consommateur, parce que cette compagnie aura intérêt à acheter sa force motrice à la grande compagnie principale en gros. On ne demande pas le droit de fournir l'électricité au consommateur ordinaire, mais le bill exige que l'on fournisse les secteurs existants à un tel prix, qu'après avoir pris un bénéfice raisonnable, on pourra réduire énormément le prix au consommateur ordinaire. Il en résultera que la grande Compagnie centrale pourra produire beaucoup meilleur marché que les secteurs actuels. Au lieu de produire dans des usines de 300 ou 400 kw on propose

de construire des stations de 100000 kw où seront installées des turbines de 10 000 kw.

Les secteurs actuels ne peuvent pas installer de pareilles turbines dans leurs stations, parce que ces stations sont placées dans des quartiers où il y a peu de place pour une extension, où le terrain est cher, où il est difficile de faire venir le charbon et où ils causent probablement de grands ennuis aux voisins. Ces secteurs n'alimentent guère qu'un réseau qui est trop petit pour être économiquement traité. C'est ainsi qu'il y a à peu près 100 stations de production dans l'aire métropolitaine. On évalue actuellement le capital engagé à plus de 25 millions de francs, tandis que le coût annuel de leur exploitation est de près de 18 millions de francs. Une grande concentration permettrait d'économiser la moitié de cette somme.

Cette installation aurait encore l'avantage d'unifier le système de distribution. Les systèmes existants à présent rendent la lumière électrique chère, et l'emploi de la lumière électrique sur une grande échelle impossible.

Les prix donnés sont les résultats d'expériences faites un peu partout. Par exemple, sur les bords de la Tyne, il y a cinq ans, on fournissait 1 million de kw-h, rien que pour l'éclairage, tandis qu'on ne vendait rien pour la force motrice; aujourd'hui ces mêmes localités consomment 500 000 kw-h par semaine, et 80 pour 100 de cette énergie est absorbée par la force motrice. Avec le bill en question le plus haut prix que l'on pourra appliquer à un consommateur de 10 heures par jour sera 11,5 centimes par kw-h.

Il en résultera que l'énergie pour la lumière électrique se paiera à Londres bientôt 20 centimes le kw-h au lieu de 50 centimes comme c'est le cas actuellement et la force motrice sera livrée à moins de 10 centimes le kw-h.

Le Parlement ne concède aucun monopole pour la distribution d'énergie électrique ; c'est différent, on le voit, de l'eau et du gaz.

Enfin, si la Compagnie abuse de ses droits, le Parlement pourrait donner à une autre la même autorisation.

C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 10 avril 1905.

Sur le dichroïsme produit par le radium dans le quartz incolore et sur un phénomène thermo-électrique observé dans le quartz enfumé à stries. — Note de M. Égoroff, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus*).

Dispositif auto-amortisseur applicable aux mouvements pendulaire et oscillatoire. — Note de M. V. Crémieu, présentée par M. Poincaré. — Les systèmes amortisseurs connus sont basés soit sur des frottements liquides ou gazeux; soit sur des frottements magnétiques créés par des courants induits dans un champ puissant.

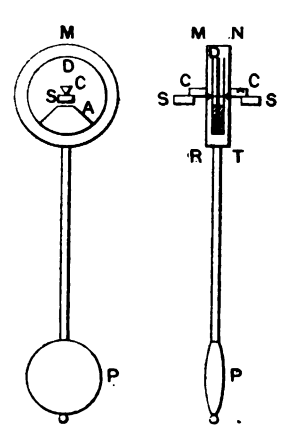
Pour les premiers, on sait qu'il y a de nombreux inconvénients provenant de la difficulté de réglage, des effets capillaires, de la difficulté de transport des appareils.

Pour les autres, la nécessité d'avoir un champ magnétique puissant exige l'emploi d'aimants dont la masse est toujours énorme par rapport à celle de l'appareil qu'on veut amortir.

Le dispositif suivant permet de remédier à ces inconvénients.

Soit, par exemple, un pendule formé d'une masse P, oscillant autour de l'arête des couteaux CC, portés par les plans SS. On dispose entre les couteaux, dans la masse de l'appareil, une cavité cylindrique MNRT, dont l'axe coïncide avec l'arête des couteaux.

Dans MNRT, on place un disque D muni d'un contrepoids A, et d'un petit axe qui viendra reposer sur deux pivots de façon à coïncider exactement avec l'axe du cylindre MNRT. On a



ainsi disposé un second pendule à l'intérieur du premier. On remplit alors le cylindre d'un liquide visqueux de façon qu'aucune bulle d'air ne puisse y demeurer.

Dans ces conditions l'on constate que, pour une valeur convenable du rapport des périodes du disque et du pendule, ce dernier écarté de sa position d'équilibre y revient sans oscillation. En modifiant légèrement la valeur de ce rapport l'on règle à volonté le nombre des oscillations qui précèdent le retour à l'immobilité.

Fonctionnement de l'appareil. — La théorie complète de ce système serait extrêmement complexe. Mais on peut se faire une idée approximative de son fonctionnement. Examinons d'abord un cas plus simple.

Supposons le disque D supprimé, le liquide visqueux occupant seul la cavité. On peut, par la pensée, décomposer ce liquide en une série de couches parallèles aux bases du cylindre. Si l'on communique à P une impulsion brusque, l'inertie des couches liquides centrales leur fera prendre un retard par rapport aux couches voisines des parois solides. Il en résultera des courants liquides; le travail effectué contre la viscosité ainsi mise en jeu pourra amortir les mouvements de P. Pour une valeur convenable du rapport des vitesses de P aux vitesses de ces courants, on aura un appareil périodique.

Mais on voit que l'amortissement dépend des courants liquides; par conséquent, de l'impulsion communiquée à P. Pour une impulsion faible, il n'y aura pas de courant appréciable, pas d'amortissement. Pour une impulsion trop forte, au contraire, il y aura des courants trop intenses, et d'ailleurs désordonnés.

Les mouvements cesseront d'être oscillatoires; on n'aura de plus aucun amortissement. Ces différents points ont été vérifiés expérimentalement.

Rétablissons maintenant le disque D, dont la période est très courte par rapport à celle de P. Quand P reçoit une impulsion, D sera d'abord entraîné par le liquide (et aussi par les frottements des pivots, mais ces derniers sont négligeables). Par suite de sa très courte période, D reviendra très vite vers sa position initiale. Ainsi D est soumis à un entraînement qui dépend de la viscosité du liquide; mais il prend une vitesse fonction de sa période propre, vitesse qu'il communiquera au liquide. Il agira donc comme *régulateur* pour les mouvements intérieurs du liquide. Il augmente ces mouvements dans le cas d'impulsions trop faibles; il les diminue et les ordonne dans le cas d'impulsions trop fortes.

Avantages de l'auto-amortisseur. — L'expérience a montré que ce dispositif présente les avantages suivants :

1° Il supprime toute difficulté de transport et de réglage des appareils. Les actions capillaires n'y interviennent pas.

2° Il permet de réduire beaucoup le rapport de la masse du système amortisseur à la masse du système amorti. Ceci tient sans doute à ce que c'est l'inertie du cylindre liquide qui intervient, et par conséquent le carré du rayon de ce cylindre.

On peut du reste diminuer encore le rayon de la cavité et, par suite, la masse de liquide nécessaire, en augmentant la surface de frottement entre le liquide et le système pendulaire intérieur, grâce à l'artifice suivant : on substitue au disque unique D une sorte de pile de disques de même rayon, présentant entre eux des intervalles de quelques millimètres.

Par exemple, on a pu rendre apériodique un système pendulaire pesant 250 g, ayant une période de 6 secondes et une longueur de 35 cm, avec une pile de 3 disques de mica distants de 2 mm et ayant un rayon de 35 mm. La cavité dans laquelle plongeaient ces disques avait 6 mm de hauteur et contenait 20 g d'un mélange d'huile, de vaseline et de pétrole. La période des disques était de 0,2 seconde.

Dispositif auto-amortisseur sans liquide. — Avec une pile de disques suffisamment nombreux, présentant entre eux, et laissant entre les extrémités de la pile et les parois du cylindre des intervalles de l'ordre du demi-millimètre, on peut supprimer le liquide. Sous des épaisseurs aussi faibles, la viscosité de l'air suffit à produire l'amortissement.

C'est ainsi que, dans le dispositif précédent, l'apériodicité était obtenue pour une pile de 9 disques de mica, pesant ensemble et avec le contrepoids 6,5 g, et présentant une période de 0,4 seconde. La construction est seulement beaucoup plus délicate que dans le cas du liquide.

Dans ce cas particulier, l'inertie de l'air n'intervenant pas, on peut faire une théorie approchée de l'appareil en appliquant les équations classiques du pendule, dans lesquelles on introduit un terme de frottement proportionnel à la différence des vitesses des deux pendules.

Application aux appareils de torsion à axe vertical. — Elle est des plus simples. Le cylindre sera à axe vertical, coïncidant avec celui de l'appareil; au lieu de contrepoids A, les disques D porteront un aimant de moment magnétique convenable, oscillant soit dans le champ terrestre, soit sous l'action de pièces de fer doux fixées dans le bâti.

Sur une photographie d'éclair montrant une incandescence de l'air. — Note de M. Em. Touchet, présentée par M. Lippmann (*Extrait*). — Certains éclairs, particulièrement ceux d'une grande intensité, semblent persister un certain temps en s'éteignant graduellement. Ce phénomène n'est pas très fréquemment visible. Il se produit généralement après des éclairs linéaires très brillants. On voit alors, sur le fond noir du ciel, une image de l'éclair lui-même, occupant exactement la place où celui-ci avait jailli, d'une couleur jaune verdâtre ou rougeâtre et dont l'éclat diminue très rapidement. On y distingue les petits détails masqués par l'irradiation dans l'éclair principal. Il ne s'agit pas là d'une impression rétinienne, car j'ai pu constater simultanément l'existence des deux images, l'impression rétinienne étant mobile avec l'œil.

Cette lueur peut atteindre une durée d'une seconde ou deux. Elle a été comparée par M. Liais à la traînée d'un bolide, par M. Prinz, à celle d'une fusée, par M. Pockel, à l'aspect du filament d'une lampe à incandescence lorsqu'on vient de rompre le courant (¹) et par l'auteur à une phosphorescence analogue à celle laissée par une étincelle électrique sur de la craie (*Bulletin de la Société astronomique de France*, juillet 1897, p. 265).

Dans son excellente *Étude de la forme et de la structure de l'éclair par la photographie*, M. W. Prinz écrit, après avoir rappelé que certains éclairs sont constitués par plusieurs décharges successives se produisant à la même place : « .... Les intervalles entre les décharges partielles qui constituent l'étincelle atmosphérique sont ordinairement voisins de 0,1 s, c'est-à-dire qu'ils sont près de la limite de perception visuelle.... Ainsi s'explique le tremblotement de la lumière produit par l'éclair et l'illusion que l'on a souvent d'une lueur particulière qui succéderait au sillon lumineux lui-même.... »

Nos observations montrent qu'il s'agit là de deux phénomènes différents.

Le tremblotement de la lumière des éclairs est dû, en effet, à des décharges successives empruntant toutes le même chemin, à de petits détails près. Ce sont ces éclairs que M. H.-H. Hoffert a appelés « intermittent lightning

(¹) Cette comparaison est certainement la meilleure et rend le mieux compte des faits.



flashes » dans son Mémoire paru dans les *Proceedings of the Physical Society of London*, 1889, p. 176.

Mais la lueur particulière succédant immédiatement à certains éclairs semble produite par l'incandescence des éléments de l'air atmosphérique portés à une très haute température par la décharge électrique (*Bulletin de la Société astronomique de France*, mars 1904, p. 141).

J'ai donc cherché à obtenir des photographies mettant en évidence l'existence de cette lueur résiduelle. J'y suis parvenu dans une photographie prise au cours du violent orage du 12 avril 1904, à 9h 40m du soir....

En résumé, on peut attribuer à l'incandescence des gaz de l'air la lueur continue qui persiste quelques instants après certains éclairs et obtenue antérieurement sur diverses photographies prises par d'autres expérimentateurs.

Sur le tremblement de terre de Lahore et les variations de l'aiguille aimantée à Paris. — Note de M. Th. Moureaux, présentée par M. Mascart. — Les journaux ont annoncé que des secousses de tremblement de terre, d'une grande violence, ont été ressenties le 4 avril, *dans la journée*, à Lahore (Indes britanniques).

Les dégâts sont considérables : un grand nombre de maisons se sont écroulées, notamment l'hôtel de ville; la gare, qui est une sorte de forteresse, est gravement endommagée, ainsi que la cathédrale; de nombreuses personnes ont péri.

Sur les courbes de variations magnétiques relevées à l'Observatoire du Val-Joyeux le 4 avril, on remarque des épaississements dus aux vibrations des aimants, depuis 1h 19m jusqu'à 1h 41m du matin.(temps moyen de Paris), soit de 6h 7m à 6h 29m du matin (temps moyen de Lahore). Cette agitation très spéciale, se produisant dans la nuit, à une heure où l'on peut affirmer qu'aucune cause accidentelle n'a pu troubler les aimants, est certainement d'origine sismique; d'ailleurs, les courbes magnétiques obtenues à l'observatoire de Nantes par M. Lhuillier témoignent, moins nettement toutefois, de mouvements vibratoires analogues.

La relation entre ces observations et le tremblement de terre de Lahore est subordonnée à la connaissance de l'heure où s'est produit le phénomène, et qui malheureusement n'a pas été communiquée d'une manière précise.

Séance du 17 avril 1905.

Sur le spectre d'émission de l'arc électrique à haute tension. — Note de MM. J. de Kowalski et P. Joye, présentée par M. Lippmann. — Dans une note présentée antérieurement à l'Académie des sciences par l'un de nous sur l'arc électrique à haute tension jaillissant entre électrodes métalliques, on démontrait qu'il existait un certain accord entre les expériences et la théorie de M. Stark.

D'après M. Stark, l'arc électrique commence à se produire au moment où la température de la surface de la cathode est assez haute pour produire une sorte d'évaporation du métal de la cathode. On pouvait donc s'attendre à ce que l'aspect du spectre lumineux de l'arc influencé par les vapeurs métalliques fût différent du spectre aux environs de l'anode. Il était aussi intéressant d'étudier l'influence qu'aurait l'intensité du courant dans l'arc sur l'aspect de ce spectre.

Nous avons entrepris dans ce but de nouvelles expériences dont nous avons l'honneur de présenter les résultats, qui ont confirmé toutes nos prévisions.

Nous avons obtenu des photographies qui montrent un spectre à bandes dues surtout aux vapeurs nitreuses qui se forment dans l'arc, mais du côté de la cathode on remarque, en outre, de fortes lignes dues au métal formant la cathode.

Ces lignes apparaissent seulement à la cathode. Nous l'avons vérifié en inversant le courant.

La longueur de ces lignes dépend de l'intensité du courant. A une certaine intensité les lignes correspondant au métal traversent toute la hauteur du spectre, elles sont en même temps élargies du côté de la cathode. L'étude de ces *lignes coupées* nous paraît très intéressante. Les métaux que nous avons observés étaient le cadmium et le zinc.

Pour le cadmium nous avons trouvé les lignes suivantes :

5086	3466 } double.
4800	3467 }
4678	3404
3610 } double.	3261
3613 }	

Pour le zinc les lignes suivantes :

4811	3303 double.
4722	3282
4680	2075
3345 double.	

Or ces lignes se trouvent être les mêmes que M. de Watteville avait trouvées dans son remarquable travail sur les spectres des flammes. Elles sont identiques avec les lignes caractéristiques pour le spectre des métaux évaporés dans le cône de la flamme. Nous tenons à faire remarquer que la ligne 3282 qui est très faible dans la flamme apparait d'une manière nette dans notre spectre.

Ce fait démontre donc définitivement l'existence des vapeurs métalliques aux environs de la cathode et cela dans un état et à une température analogues à ceux qu'on trouve dans le cône d'une flamme à gaz.

Sur une méthode simple pour l'étude des étincelles oscillantes. — Note de M. G.-A. Hemsalech, présentée par M. Lippmann. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Méthode et appareil de dosage dans les applications médicales de l'électricité statique. — Note de M. L. Benoist, présentée par M. Lippman. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Téléphones de l'Industrie électrique :

Rédaction : **N° 812-89.**

Administration { **N° 704-23.** **N° 704-44.**

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 3 mai 1905.

La séance est ouverte à 8h 45m sous la présidence de M. Bouty, président. Après l'expédition des affaires courantes : demandes d'admission et compte rendu des mémoires adressés à la Société, l'ordre du jour appelle la communication de M. Bainville sur **Les lampes à incandescence.**

Tout d'abord, M. Bainville montre que les lampes à incandescence actuelles sont loin d'avoir un bon rendement, et il semble qu'en présence de la concurrence plus acharnée que jamais que leur font les autres illuminants il y aurait intérêt à les améliorer. Pour cela, diverses solutions sont en présence et de sérieux perfectionnements sont à l'étude. M. Bainville examine dans cet ordre d'idées les lampes les plus récentes et les plus connues en les décrivant brièvement.

1° *Lampes à filament de carbone.* — Ce filament est relativement peu coûteux, sa résistivité est élevée et il est assez rigide même aux hautes températures; par contre, sa bonne conservation exige un excellent vide et il supporte mal les grandes variations de tension. Pour augmenter le rendement de ces lampes on est conduit à élever la température du filament, on a alors la lampe à 2,5 watts par bougie qui ne dure guère que 200 heures, et encore à condition d'être de construction soignée. A ce régime, du reste, la lampe noircit rapidement.

2° *Lampes à corps réfractaires.* — On a essayé de constituer les filaments avec des corps réfractaires; tantôt on a employé des mélanges de carbone avec des composés d'oxydes de terres rares (oxydes du manchon Auer), tantôt avec des corps réfractaires dits de 2e catégorie.

Ces derniers appareils, dont la lampe Nernst est le type, se sont vite répandus; malheureusement, le filament subit au moment de l'allumage et de l'extinction des dilatations et des contractions qui ne tardent pas à le désagréger. De plus, les attaches des brûleurs sont en fil de platine dont le diamètre est calculé pour durer autant que le filament; le fil du côté positif a été pris plus gros que celui du côté négatif, car la température est plus élevée du premier côté que de l'autre; il en résulte que si on inverse accidentellement le sens du courant, on peut par cela même diminuer la durée de la lampe en provoquant plus tôt qu'il ne convient la rupture des attaches.

Il résulte de nombreux essais que la durée utile des brûleurs de lampe Nernst est en moyenne de 300 heures, la durée maxima a atteint 1250 heures et la consommation spécifique moyenne oscille entre 1 et 1,71 watt : bougie. Les avis sont du reste très partagés sur la durée et le bon fonctionnement de cette lampe, et il paraît en résulter que la lampe Nernst ne souffre pas la médiocrité.

3° *Lampe à l'osmium.* — En 1898, le Dr Auer eut l'idée d'employer des métaux très réfractaires à meilleur rendement lumineux; son choix se fixa sur l'osmium, mais la rareté du métal jointe à une longue mise au point ont empêché jusqu'à présent cette lampe de se répandre. Le filament Auer est en effet très délicat à fabriquer, le métal ne se prêtant pas à l'étirage, comme le tantale par exemple. On agglomère l'osmium en poudre avec un agglutinant et on file cette pâte à la presse. Le filament est soudé à des attaches en platine au moyen de l'arc électrique, qui seul permet d'obtenir aisément la fusion des deux métaux. Ce filament, généralement long, étant donné sa faible résistivité, est ancré à l'aide de fils de thorium, ce qui complique comme on le voit la fabrication et augmente le prix.

Il résulte des essais faits jusqu'à ce jour que la lampe à l'osmium supporte assez bien les surtensions. Les tensions extrêmes que l'on a pu adopter sont les suivantes : 47 volts pour les lampes de 16 bougies et 62 volts pour les lampes de 25 bougies.

En terminant, M. Bainville ajoute quelques mots sur la lampe au tantale de Siemens, décrite ici-même, et signale l'apparition d'une nouvelle lampe au zirconium, d'ailleurs encore peu connue.

M. Ch.-Ed. Guillaume présente quelques observations au sujet du rendement lumineux; il pense que le chiffre de 3 pour 100, indiqué par M. Bainville et par bien des auteurs, est encore trop fort; il rappelle la méthode employée pour déterminer ce rendement et montre combien elle est sujette à des causes d'erreur. Il est d'avis qu'en somme on ne peut compter réellement que sur un rendement de 0,5 pour 100 avec les lampes à incandescence actuelles.

M. le Président remercie MM. Bainville et Guillaume, et donne la parole à M. Maurice Leblanc pour sa communication sur **La lampe et la soupape à mercure de Cooper Hewitt.** — M. Leblanc appelle l'attention de la Société sur les remarquables travaux de M. Cooper-Hewitt et en fait l'historique et l'analyse.

M. Hewitt a étudié particulièrement les phénomènes qui se passent dans le tube à vide; il a remarqué que la résistance était attribuable non au gaz restant, mais surtout à la surface de la cathode; de plus cette cathode s'altère rapidement et doit être renouvelée, c'est pourquoi on la constitue par du mercure pur qui en se condensant sur les parois sert indéfiniment. En employant un tube à vide refroidi par de l'huile, il a pu faire passer 100 ampères sous 10 volts et cela très facilement. Enfin, il a observé la singulière propriété qu'offraient ces appareils de redresser des courants de fréquences variées dont la valeur la plus élevée pouvait dépasser 10^6.

Pour mettre en évidence la propriété fondamentale de la cathode, M. Hewitt a pris un tube à trois électrodes, il l'a amorcé en appliquant une tension continue de 72 volts entre les électrodes extrêmes, puis il a mesuré les tensions entre chacune des électrodes extrêmes et celle du milieu et a trouvé 28 volts en utilisant l'anode et 44 volts avec la cathode. En poursuivant méthodiquement ses essais, il

a pu voir qu'une électrode de mercure n'offre pas de résistance appréciable lorsqu'elle est anode, alors qu'elle en offre une grande quand elle est cathode. Il a désigné sous le nom de *répugnance* cette singulière propriété de la cathode, que l'on doit surmonter pour faire fonctionner un tube à vide.

Amorçage. — Tout tube à vide doit être amorcé; pour cela différents moyens sont employés : 1° On lui fournit momentanément une haute tension généralement obtenue en rompant entre les électrodes le circuit d'une bobine de self convenable. 2° On incline le tube de façon à réaliser un court-circuit que l'on rompt ensuite en replaçant le tube vertical.

M. Hewitt a remarqué qu'un condensateur mis aux bornes d'un tube en rend le fonctionnement impossible, une self au contraire le maintient amorcé.

Conductibilité. — M. Hewitt a fait de nombreuses expériences sur la conductibilité de ses tubes, la chute de tension à la cathode en marche a été trouvée constante et égale à 5 volts : il a remarqué, chose curieuse, qu'un tube conduit d'autant mieux que le vide y est poussé plus loin. Un champ magnétique agit sur le tube, il y produit une flamme dirigée suivant les lignes de force.

Applications. — 1° *Lampes.* — La tension nécessaire au fonctionnement de ces appareils est, avons-nous dit, d'autant plus petite que le vide est mieux fait; on remarque qu'un tube à vide poussé s'illumine en vert lorsqu'on cesse de le refroidir.

Les lampes de M. Hewitt ne dépensent que 0,45 watt par bougie, la lumière qu'elles fournissent, si elle ne fatigue pas les yeux, est peu agréable, mais on peut l'améliorer en consentant à une perte, en recouvrant la lampe avec une étoffe de soie légère teintée en rose à la rhodamine par exemple.

Dans toutes ces lampes, il est nécessaire de déposer du coton de verre au fond des tubes pour éviter les coups de marteau produits pendant le transport par le mercure contre le fond des tubes.

La puissance de ces lampes est limitée, car les fils traversant le verre ne peuvent être pris très gros, ils exigent que le courant ne dépasse pas 3 à 4 ampères.

2° *Soupape au mercure.* — M. Hewitt ayant remarqué qu'une cathode ne peut laisser passer un courant que si sa surface est désagrégée, a pu, sur ce principe, baser une soupape. En employant une cathode en mercure et une autre en fer, on arrivera au résultat, car seule l'électrode en mercure se désagrégera.

M. Leblanc indique plusieurs schémas de montage et annonce que le rendement a été trouvé égal à 98 pour 100 en redressant des courants de 30 ampères sous 500 watts. Ce chiffre paraît être la limite actuelle de puissance de ces redresseurs, car l'ampoule en verre ne permet pas de dépasser 15 kw, mais des appareils spéciaux avec ampoules métalliques sont à l'étude pour des puissances supérieures.

3° *Transmission de l'énergie sans fil.* — M. Leblanc espère avec M. Hewitt que l'on arrivera un jour à transmettre l'énergie sans fil à des véhicules circulant sur une route et cela en appliquant les tubes à mercure à la production des courants de haute fréquence.

4° *Éclateurs.* — Le tube à vide constitue un excellent éclateur pour la production des courants de haute fréquence; il peut être appliqué à la télégraphie sans fil et dans bien des cas où l'on a besoin d'un fonctionnement silencieux de l'éclateur.

5° *Interrupteurs pour courants alternatifs.* — Lorsqu'un alternateur alimente une ligne en charge, on sait qu'il y a intérêt à ne couper la ligne que lorsque le courant passe par zéro. M. Hewitt emploie dans ce but le tube à mercure à bascule. En inclinant le tube, l'arc s'amorce tant que le courant persiste, il s'éteint pour ne plus se rallumer quand il passe par zéro.

M. Leblanc pense qu'un grand avenir est réservé à ces tubes, en particulier pour le redressement des courants et la transmission de l'énergie sans fil.

De nombreux applaudissements marquent l'intérêt que la Société a pris à la communication du savant conférencier et, après quelques observations de MM. Tripier, Arnoux et Bouty, la séance est levée à 10h 45m. A. S.

BIBLIOGRAPHIE

Radioactivité, par le Dr Daniel. — Vve *Ch. Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 24 × 16 cm; 120 pages. Prix : 3,50 fr.

Très élégante plaquette, de fonds scientifique mais d'exposition simple, cette petite publication du « Secrétaire général du premier congrès international pour l'étude de la radiologie et de l'ionisation » vise évidemment, comme première émanation de ce congrès, l'accès des salons et les sympathies des nombreux amateurs de surnaturel moderne, implacables détracteurs de l'ancien.

Elle a d'ailleurs extérieurement tout ce qu'il faut pour plaire et faire patienter, si ce ne doit pas être trop longtemps, les impatients de nouveauté et d'incompréhensible. En attendant elle résume simplement ce que tout le monde a entendu dire sans savoir ni comprendre.

Espérons que, grâce à une sage lenteur, on arrivera plus vite et plus loin dans ce domaine de l'inconnu.

E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, *boulevard de la Madeleine, Paris.*

348 197. — **Stone.** — *Télégraphie sans fil* (23 novembre 1904).

348 198. — **Stone.** — *Télégraphie sans fil* (23 novembre 1904).

348 199. — **Stone.** — *Télégraphie sans fil* (23 novembre 1904).

348 266. — **Société Cooper Hewitt Electric C°.** — *Procédé perfectionné pour augmenter les variations d'énergie dans les circuits électriques* (25 novembre 1904).

348 127. — **Seve.** — *Lampe électrique portative de piano transformable* (19 novembre 1904).

348 284. — **Le Moal.** — *Dynamo-planétaire* (2 février 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Compagnie Centrale d'Éclairage et de Transport de Force (Compagnie d'Électricité de Limoges). — L'Assemblée ordinaire de cette Société s'est tenue le 17 avril 1905, pour prendre connaissance des comptes de l'exercice 1904.

D'après le Compte de Profits et Pertes les bénéfices d'exploitation, après déduction des frais généraux, se sont élevés à 320 657,19 fr, après défalcation des charges financières à 200 250,89 fr, somme représentant les bénéfices nets.

Pour arriver à ce résultat, l'exploitation avait d'abord produit une recette de 641 409,35 fr à laquelle il convient d'ajouter les produits divers, soit 13 065,42 fr, formant un total de 654 474,77 fr.

Les dépenses d'exploitation ayant été de 291 184,88, le produit brut s'est donc élevé à 363 289,89 fr.

A fin 1904, le nombre des abonnés s'élevait à 1356 contre 1204 à fin 1903, soit une augmentation de 152 abonnés.

Cette augmentation avait été de 163 en 1903 et de 145 en 1902.

Durant l'exercice 1904, il a été installé 5340 lampes de toutes intensités; 29 à arcs et 34 moteurs développant 150 chevaux.

Au total l'énergie installée est représentée par 92 000 lampes de 10 bougies (non compris le groupe des tramways).

Elle n'était que de 80 000 lampes à fin décembre 1903.

En défalquant des recettes totales la fourniture de courant aux tramways, la recette moyenne, en 1904, par unité d'énergie installée (unité obtenue par la conversion en lampes de 10 bougies de toutes les lampes placées ainsi que de tous les moteurs estimés pour leur pleine puissance) a été de 6,20 fr.

En 1899, avec 26 000 lampes installées, ce chiffre n'était que de 5 fr.

En 1903, avec 80 000 lampes installées, il ne s'élevait encore qu'à 5,92 fr.

Dans le courant de l'exercice, la Société a fait installer à son usine de la Vézère un cinquième groupe complet composé d'une turbine de 450 poncelets et d'un alternateur.

L'Usine du Saillant dispose ainsi de cinq groupes de 450 kw (non compris deux groupes de 75 kw pour les excitatrices).

Afin d'avoir un groupe de rechange, la Société a pris ses dispositions pour qu'un sixième groupe soit prochainement entièrement monté.

Il a été également installé un transformateur élevant le courant de 8000 à 20 000 volts au Saillant et deux transformateurs abaissant le courant de 20 000 à 3000 volts à Limoges.

Pour fournir le courant à la ligne allant à Brive, la Compagnie a dû installer un tableau de départ muni des appareils ordinaires que comporte une installation de ce genre : interrupteurs, coupe-circuits, appareils de mèsure, compteurs, etc.

Pour donner satisfaction à l'Administration et prévenir tout accident, des filets ont été installés sous la ligne de transport à haute tension allant du Saillant à Limoges, au point de croisement des routes.

L'exploitation durant le dernier exercice a été grevée de dépenses provenant du fonctionnement, de courte durée, il est vrai, mais souvent renouvelé, des machines à vapeur et de la nécessité de conserver les chaudières en pression, pour parer à tout arrêt.

Afin de diminuer ces frais dans l'avenir et d'accroître l'élasticité en même temps que la sécurité de l'exploitation, le Conseil a décidé l'installation de deux batteries d'accumulateurs pouvant fournir chacune 750 kw pendant une heure et de deux groupes de transformation de puissance correspondante. Cette disposition permettra d'emmagasiner, pendant une partie de la journée, le surplus du courant de la Vézère, de substituer à ce dernier, en cas de rupture de la ligne, l'énergie ainsi mise en réserve, et de fournir au moment des fortes charges un appoint nullement négligeable pour le développement de la clientèle. Les travaux concernant cette installation sont en cours d'exécution. L'ensemble doit être prêt à fonctionner au mois de septembre prochain.

Voici comment s'établit la situation financière de la Société.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1904

Actif.	
Apports	500 000,00 fr.
Premier établissement	4 956 796,62
Compteurs	82 041,05
Mobilier	8 120,65
Marchandises en magasin	71 948,20
Débiteurs divers	178 045,85
Espèces en caisse et en banque	204 076,35
Primes de remboursement sur obligations	1 039 072,70
Impôts sur titres	9 719,62
Total	7 049 821,04 fr.
Passif.	
Capital	2 850 000,00 fr.
Obligations 4 pour 100	1 473 000,00
Obligations 3 pour 100	1 961 000,00
Obligations à rembourser	4 000,00
Réserve légale	9 996,85
Réserve pour amortissement d'obligations	27 157,50
Réserve pour amortissements	25 000,00
Créditeurs à termes échelonnés	372 379,10
Coupons arriérés	11 990,55
Comptes d'ordre	20 605,80
Profits et pertes	294 691,24
Total	7 049 821,04 fr.

Le solde du Compte de Profits et Pertes s'élevant à 294 691,04 fr a été réparti de la manière suivante :

Amortissement d'obligations	10 325,00 fr.
Réserve légale	9 496,29
Provision pour amortissement	25 000,00
Dividende de 5 pour 100 par action privilégiée	117 500,00
Solde à reporter	132 369,95
Total	294 691,24 fr.

Après avoir approuvé les comptes et adopté les résolutions proposées par le Conseil, les actionnaires présents à l'Assemblée ont nommé administrateurs pour six ans : MM. Lévêque et de Thézillat.

MM. E. Blanchard et H. Picard ont été choisis pour remplir les fonctions de commissaires.

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

55 087 — Imprimerie LAHURE. 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 322 **25 Mai 1905.**

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Le redressement des courants alternatifs simples sans clapets électrolytiques, ni commutation, en circuit conducteur fermé. — Peut-on transformer un courant alternatif simple en courant redressé dans un circuit conducteur fermé, sans clapets, sans interrupteurs et sans commutation? La question ainsi posée paraît *a priori* insoluble, et cependant M. Louis Magrini vient d'en donner la solution dans un brevet récent. Sans que l'on puisse affirmer sa valeur industrielle sans expériences, l'idée est originale et vaut d'être présentée.

Le principe utilisé par M. Magrini est basé sur les propriétés des bobines de self induction. L'appareil employé par l'inventeur est constitué par quatre bobines de réactance ayant la plus grande inductance et la plus faible résistance possible, et un moteur synchrone à courants alternatifs simples dont le but est de faire varier périodiquement l'inductance de ces quatre bobines, deux par deux.

Deux de ces bobines sont montées directement en circuit entre l'alternateur et le circuit qui doit être traversé par le courant redressé, les deux autres sont reliées diagonalement aux extrémités des deux premières. Pendant la première demi-période, on rend très faible l'inductance des bobines *directes* et très grande celle des bobines *diagonales*. Le courant passe donc directement de l'alternateur au circuit. Pendant la seconde demi-période, ce sont les bobines diagonales qui ont une faible inductance et les bobines directes qui en ont une grande. Il en résulte que, pendant le premier demi-cycle, le courant passe directement, et pendant le second demi-cycle, il passe en croisant, c'est-à-dire dans le même sens pour le circuit d'utilisation. Le moteur synchrone a pour objet de faire varier ces impédances aux instants convenables.

C'est donc là un dispositif assez curieux et qui peut avoir une portée plus haute. Si l'on considère, en effet, que le moteur synchrone peut être monté sur l'arbre même de l'alternateur, ce qui constitue le moyen le plus évident et le plus sûr de réaliser le synchronisme absolu, on voit que la combinaison de M. L. Magrini donne, en dernière analyse, le moyen d'obtenir des courants *redressés* dans un circuit sans commutation, et en ne mettant en jeu que des phénomènes d'induction. Il ne semble pas contraire à la théorie de supposer que l'on puisse combiner plusieurs systèmes analogues sur le même circuit, et arriver à réaliser ainsi un courant continu — ou pratiquement tel — sans commutation. En faisant toutes réserves sur la valeur industrielle ou économique d'une semblable dynamo, il n'est pas sans intérêt de faire ressortir que le problème du redressement des courants alternatifs sans commutation, que l'on considérait autrefois comme insoluble sur circuit conducteur fermé ne comportant ni bagues ni collecteur, est aujourd'hui résolu en principe.

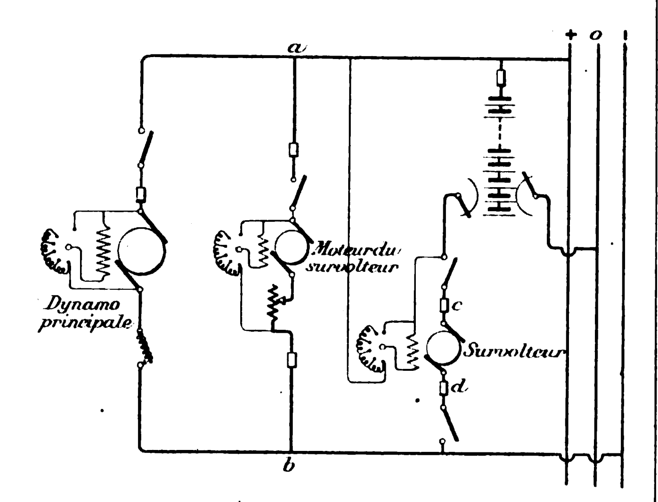
Syndicat professionnel des Industries électriques. — Rompant enfin avec le système d'auto-élection de son Président, la Chambre syndicale des Industries électriques vient de renouveler son Bureau ainsi constitué :

Président : M. Javaux. — *Vices-présidents :* MM. de Loménie, Eschwège, Meyer-May. — *Secrétaires :* MM. Zetter, Robard.

Si jeune Français que soit M. Javaux, la Chambre a du moins en lui un président *industriel*, alors que son prédécesseur ne l'était pas, et que rien ne justifiait sa présence dans un syndicat dont les besoins et les intérêts peuvent être souvent en conflit avec ceux de simple acheteur qu'il est (et encore par procuration) d'appareils électriques.

Distribution à trois fils avec batterie sur un seul pont. — M. Hohenemser signale dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, un dispositif permettant d'alimenter et de régler la tension d'un réseau à 3 fils avec une batterie sur un des ponts seulement. Le schéma de montage indiqué sur la figure ci-dessous donne les indications suffisantes.

Le survolteur placé sur l'un des ponts est actionné par un moteur alimenté par les fils extrêmes. Quand on arrrête la



dynamo principale D, on peut quand même alimenter le réseau entier au moyen de la batterie. Le moteur commandant le survolteur est mis en marche, au moyen de la batterie, il se met en marche lentement d'abord, puis sa vitesse augmente peu à peu, car la tension fournie par le survolteur vient s'ajouter à celle de la batterie. Ce dispositif peut très bien s'appliquer à une distribution à trois fils, avec batterie double, quand une des deux moitiés de cette batterie est en réparation.

L'installation des grues électriques du port de Hambourg. — La *Zeitschrift für Elektrotechnik* du 16 avril donne des renseignements sur l'installation électrique du port de Hambourg, qui est la plus importante du monde. La plupart des grues sont du type ordinaire, et il n'y a que 8 grues à portail pour le chargement, dans les voitures du chemin de fer, des marchandises provenant des navires. La hauteur du portail est de 5 m à 5,2 m, la longueur du portail, de 14 m.

La vitesse d'élévation est de 80 cm par seconde, pour un poids de 3000 kg, et de 1,8 m par seconde à vide; la vitesse de descente est en moyenne de 2 m par seconde.

Les grues destinées à des fardeaux de 2,5 à 3 tonnes ont été construites par la fabrique de Benrath, la partie électrique a été fournie par l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*. Le courant continu, à 500 v pour l'ancienne installation, et à 440 v pour la nouvelle, est amené aux grues par des câbles souples. Le mouvement d'ascension est assuré par des moteurs de 35 kilowatts et celui de rotation par des moteurs de 3,5 kilowatts commandés par un même levier.

Les appareils de renversement de marche des deux moteurs sont disposés l'un près de l'autre, à côté des résistances nécessaires. Le rendement maximum a lieu pour une puissance de 15 à 30 kilowatts; il est de 84 pour 100. L'arbre du moteur est muni d'un frein à ruban.

Les grues du quai American, pour élever un poids à 15 m, le déplacer de 180°, l'abaisser, relever le crochet, le faire tourner pour l'amener à la position primitive, puis l'abaisser, ont dépensé pour des poids de 500, 1500, 2500 kg, respectivement 70,5, 125,9, et 190,2 w-h. Les grues plus fortes ont dépensé, dans des conditions identiques, 70,6, 126,0, 220,4 w-h pour des poids respectivement de 500, 1500 et 3000 kg.

Les grues récemment installées au port de Kuhwaider ont consommé pour élever les mêmes poids dans les mêmes conditions, respectivement 68, 115 et 205 w-h.

Les voitures motrices du chemin de fer électrique d'Indianapolis. — Ainsi que l'indique le *Street Railway Journal*, ces voitures destinées au chemin de fer d'Indianapolis (Cincinnatti) doivent être actionnées soit par du courant continu à 550 v, soit par du courant alternatif à 3000 v et à 550 v. Le courant continu est amené par un rail dans les stations intermédiaires, la prise du courant alternatif à basse tension a lieu par trolley, celle du courant alternatif à haute tension par archet. Chaque voiture est munie de 4 moteurs série de 55 kilowatts, la commande des trains de voiture a lieu par le système Westinghouse à unités multiples, au moyen d'un commutateur à manette et de 7 éléments d'accumulateurs qui desservent les commutateurs électromagnétiques. Il y a 11 canalisations installées tout le long du train. Dans les portions à courant continu les 4 moteurs sont couplés en série et le réglage de la vitesse se fait par résistances. Dans le cas de courant alternatif, les moteurs sont toujours en parallèle; le réglage de la vitesse est également obtenu au moyen de résistances. Afin que les moteurs fonctionnent quelle que soit la tension, on a installé un auto-transformateur avec barres à 550 v et à 3000 v. Un commutateur actionné à la main permet l'emploi de l'un ou de l'autre système de courant. Le compresseur suivant la nature du courant peut être couplé à un moteur à courant continu ou un moteur à courant alternatif. Le freinage est assuré par des freins pneumatiques Westinghouse et par des freins à main.

L'avenir de l'automobile électrique. — M. Chambers a fait sur ce sujet une conférence à l'*Automobile Club* de Londres. Il a d'abord donné un aperçu historique, puis a parlé de l'état actuel de l'industrie automobile électrique.

D'après l'orateur la voiture électrique présente une aussi grande sécurité de fonctionnement qu'aucun autre mécanisme; dans un garage de Londres dans les six derniers mois on a constaté 61 cas de dérangements pour 254 800 km parcourus. De ces 61 dérangements, 25 seulement ont nécessité l'intervention d'un mécanicien spécial. On n'a guère à craindre un manque d'énergie, si l'on compte de 40 à 56 km par charge, et si l'on a une batterie de réserve toute chargée. On doit tendre à ce que le changement de batterie puisse se faire en 2 ou 3 minutes.

Pour le même luxe, l'électromobile est d'un prix de revient annuel moins élevé que la voiture à chevaux, surtout quand on l'utilise beaucoup. Le prix de la tonne-km est moins élevé que pour tout autre automobile. Le prix du renouvellement de la batterie est à peu près égal ou même un peu plus faible que celui de l'entretien des pneumatiques.

L'adoption d'une plaque normale par les diverses grandes maisons d'accumulateurs serait désirable.

L'électromobile ne pourra jamais être utilisé pour de grands voyages, lors même que l'accumulateur serait amélioré de 50 pour 100 et le pays couvert de stations de charge. Par contre il se prête bien au service urbain de livraison. Le temps n'est pas loin où une voiture de commerce sans les pneumatiques et la batterie coûtera à peu près, 7500 à 9000 fr. Il serait alors avantageux de pouvoir passer des contrats d'entretien.

D'après l'insuccès des tramways à accumulateurs, on doit conclure que l'omnibus de l'avenir ne sera pas actionné électriquement. La voiture de louage électrique prendra difficilement, mais la traction électrique est tout indiquée pour les voitures d'ambulance.

Méthode d'essai de groupes turbo-dynamos. — M. Max Beck, ingénieur à Innsbruck (Tyrol), décrit dans la *Zeitschrift für Elektrotechnik* du 12 mars, une méthode qu'il a employée pour relever toutes les courbes en charge de l'une des dynamos

commandée par une turbine de l'usine de Kematenden. Dans cette usine sont disposés deux groupes constitués chacun par une roue Pelton d'environ 112 poncelets fonctionnant sous une chute de 105 m, couplées chacune directement avec un alternateur triphasé de 100 kilovoltampères pour 3000 volts.

M. Beck a fait fonctionner l'un des groupes comme frein en inversant le sens de son mouvement de rotation. On peut obtenir une charge quelconque en ouvrant plus ou moins le distributeur de la turbine.

On a amené au synchronisme le groupe générateur et le groupe fonctionnant comme moteur à l'aide d'une petite courroie. On a ainsi obtenu facilement le synchronisme et par conséquent le couplage électrique, de sorte que la courroie a pu être enlevée.

Il suffit pour obtenir que l'un des groupes fonctionne comme moteur à courant triphasé, d'inverser la polarité de l'excitatrice, et d'inverser ses connexions.

Le verglas sur le rail conducteur du courant des chemins de fer. — La formation du verglas sur le rail conducteur, l'isolant du frotteur, est un des plus graves inconvénients de ce système de traction électrique, il se fait particulièrement sentir en rase campagne, quand la circulation n'est pas très active.

Comme l'indique le *Street Railway Journal*, la Société américaine des chemins de fer Aurora Elgin et Chicago a adopté pour parer à cet inconvénient le dispositif suivant qui a donné de bons résultats.

Elle emploie un liquide à point de congélation très bas, qui, non seulement fait fondre le verglas déjà formé, mais empêche de s'en former à nouveau, du moins pendant un certain temps.

Le liquide employé est une solution de chlorure de calcium dans de l'eau; pour 100 litres d'eau on emploie environ 60 kg de chlorure, la solution a alors une densité de 1,20 à 1,25. La dissolution n'attaque pas le rail comme le ferait le sel marin également employé au même usage.

En avant du frotteur de prise de courant est disposée une sorte de brosse en fil d'acier qui enlève le verglas et en même temps étale le liquide, qui est projeté en avant par un tuyau de caoutchouc de 6 mm environ de diamètre, dont l'ouverture est commandée par le wattmann.

Le réservoir de chaque locomotive peut contenir environ 150 litres de liquide, on en emploie environ 2,5 litres par km. Quand la couche de verglas est mince, le liquide la fait fondre instantanément; quand la couche est plus épaisse, la solution qui est conductrice la pénètre et la désagrège, de sorte que la brosse l'enlève facilement.

Le prix de l'installation n'est pas élevé; quant au prix de revient de la solution, il n'est pas non plus considérable.

En comptant que le chlorure de calcium revient à 10 fr les 100 kg, 100 litres de solution reviennent à 6 fr, ce qui met le prix des 2,5 litres dépensés par km en cas de verglas à 15 centimes. La Compagnie a essayé ce système pendant tout un hiver où ont régné de fortes tempêtes de neige; à la suite de cet essai, elle l'a appliqué à tous ses trains.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Aix-en-Provence. — *Distribution d'énergie électrique.* — Grâce aux démarches faites par le Conseil municipal d'Aix, un important projet vient d'être mis à l'étude.

Il s'agit de doter de l'éclairage électrique Luynes, les Milles, Bouc, Gabriès, le pont de l'Arc. Sous les auspices de la Compagnie des tramways d'Aix-Marseille des études sont faites actuellement dans ce but. L'énergie électrique pour cet éclairage serait dérivée de l'usine du pont de l'Arc. Une Compagnie particulière se chargerait, après entente avec les municipalités, de cet éclairage.

Darney (Vosges). — *Station centrale.* — A la dernière réunion du conseil municipal, le principe de l'éclairage électrique a été adopté à l'unanimité. Une commission de trois membres a été nommée pour choisir, parmi quelques cahiers des charges de communes déjà pourvues de ce mode d'éclairage, celui qui peut le mieux s'approprier à l'usage de la ville de Darney.

Graissesac (Hérault). — *Éclairage.* — Au cours d'une des dernières séances du Conseil municipal de cette ville la question de l'éclairage a été agitée. Tous les conseillers municipaux paraissent être partisans de la substitution de l'éclairage par l'électricité à l'éclairage actuel au pétrole: mais les avis sont partagés sur le nombre de lampes à placer. Finalement, le Conseil se forme en une Commission pour étudier sur place cette question.

La-Tour-d'Aigues (Vaucluse). — *Éclairage.* — Nous apprenons que le Conseil général a accepté la proposition tendant à autoriser la commune de La-Tour-d'Aigues à établir une canalisation d'énergie électrique destinée à une distribution d'éclairage.

Nice. — *Traction électrique.* — Un très important projet est à l'étude en vue de la suppression de la traction à vapeur entre Nice et la frontière italienne sur la ligne des chemins de fer P.-L.-M., et la substitution de la traction électrique par courant alternatif simple au moyen des procédés de M. René Auvert, le distingué ingénieur de cette Compagnie.

Il paraîtrait que des pourparlers ont été engagés, il y a quelques années, avec la Compagnie d'énergie électrique du Littoral et se sont poursuivis sans interruption jusqu'à ces jours-ci.

Il ne s'agit pas de simples échanges de vue, mais de véritables projets de traités, dont la réalisation ne dépend que des décisions du Conseil d'administration de la Compagnie du P.-L.-M. Les usines de Nice, du Loup, de La Mescla et du Plan-du-Var suffiraient d'ailleurs presque à elles seules à faire face aux exigences de cette nouvelle ligne.

M. Noblemaire, l'éminent directeur de la Compagnie P.-L.-M., porte un intérêt tout particulier à cette question. C'est lui qui a songé au littoral lorsqu'il s'est agi d'expérimenter les machines électriques mises à l'étude par sa Compagnie.

La grosse difficulté consistera à établir l'accord sur les prix de l'énergie électrique, mais on est assuré que M. Noblemaire apportera aux négociations toute la chaleur et toute la bonne volonté que lui donnent sa haute intelligence de la question, son goût des créations nouvelles et son désir de contribuer au développement d'une région qu'il affectionne tout particulièrement.

Le système adopté sera peut-être celui des trains légers, avec des voitures automotrices, de façon à supprimer le poids mort de la locomotive, ou le système des locomotives électriques.

Il semble, d'après une déclaration récente de M. Auvert, que c'est cette seconde méthode qui doive être adoptée. Le distingué ingénieur dit, en effet, que le Côte-d'Azur-Rapide lui-même sera remorqué par sa nouvelle machine.

On conçoit d'ailleurs aisément qu'il sera facile de changer en gare de Cannes le mode de traction.

Quant aux avantages que présente la traction électrique sur la vapeur, ils sont considérables et évidents.

Tout d'abord, c'est la certitude d'une vitesse plus considé-

rable. Les trains ne circuleront pas, peut-être, à une allure beaucoup plus rapide que celle des grands express d'aujourd'hui, mais un temps précieux sera gagné par les démarrages immédiats.

On pourra, de la sorte, en gagnant du temps sur la durée des trajets, obtenir des graphiques beaucoup plus resserrés pour l'organisation du service des trains.

La suppression de la fumée sera particulièrement appréciée dans cette région où les tunnels sévissent avec abondance.

Les voitures plus propres, plus confortables, seront aussi moins secouées et d'un roulement plus doux.

La suppression de la vapeur sur la Côte d'Azur est une des plus heureuses innovations que l'on puisse souhaiter pour cette région.

Rennes. — *Traction électrique.* — Nous apprenons qu'une enquête vient d'être ouverte sur le dossier de l'avant-projet d'établissement d'une ligne de tramways électriques de Rennes à Cesson.

La dépense est évaluée à 95000 fr.

Sainte-Savine (Aube). — *Station centrale.* — Après discussion, le Conseil municipal de cette ville a pris la décision suivante :

« Considérant qu'il est urgent de transformer et d'étendre l'éclairage public.

« Qu'une entente semble des plus difficile avec la Compagnie du gaz.

« Considérant que l'installation d'une usine électrique municipale répondrait parfaitement aux besoins de la ville.

« Que cette installation, contrairement à ce qui se passerait pour une usine à gaz, n'exigerait pas, pour pouvoir subsister, le concours des particuliers.

« Que, d'après les estimations faites par la Commission, on arriverait ainsi, avec une augmentation de dépense supérieure à peine d'un tiers au chiffre actuel, à tripler l'éclairage des écoles et des bâtiments communaux.

« Adopte en principe le projet d'installation d'une usine électrique.

« Invite la Commission à hâter son travail, pour que le Conseil statue sur les moyens financiers et que cette question soit conduite parallèlement à la question des eaux. »

Yport (Seine-Inférieure). — *Éclairage.* — M. René Legros, le sympathique directeur de la station d'énergie électrique de Fécamp, vient de demander l'autorisation d'établir dans la petite ville d'Yport un réseau de distribution d'énergie électrique relié à son usine de Fécamp par une ligne aérienne. Le Conseil municipal d'Yport s'est ému à la pensée que l'on allait employer du courant à haute tension et les journaux de la région ont cru devoir à leur tour effrayer les populations :

« . . Mais en raison de la haute tension qu'il sera nécessaire d'employer pour assurer un transport de courant à une distance si grande (6 km !!!), la canalisation aérienne présentera un réel danger (*sic*) pour la sécurité publique, et, sur le rapport de M. Lefebvre, le Conseil décide de n'accorder son autorisation, sous réserve de l'approbation préfectorale, qu'à la condition que le transport d'énergie dont il s'agit sera établi par canalisations souterraines sur tout le territoire de la ville jusqu'à la limite de l'octroi. »

Est-il permis de soulever de pareilles questions et d'obliger un concessionnaire à employer une canalisation souterraine très coûteuse, aujourd'hui où les lignes aériennes à haute tension sillonnent tous les pays du monde sans présenter, lorsqu'elles sont bien établies, de *réels dangers* pour la sécurité publique? Souhaitons que l'éclairage électrique apporte un peu plus de lumière dans *celles* du Conseil municipal d'Yport.

ÉTRANGER

Chesterfield (Angleterre). — *Station centrale.* — La petite localité de Chesterfield en Angleterre ne peut guère se vanter de constance dans ses goûts pour l'éclairage. Ayant la première, en 1881, adopté l'éclairage électrique public, elle lui substitua, en 1894, le gaz. Une petite installation s'étant rétablie en 1901, la demande s'accrut si rapidement qu'il fallut à tout moment agrandir la centrale. Actuellement celle-ci renferme 5 chaudières Babcock et Wilcox, donnant de la vapeur sans surchauffe. Un chauffeur Berryniau utilise la vapeur d'échappement, puis une centaine de degrés sont encore ajoutés par un économiseur Green.

La salle des machines renferme 4 groupes électrogènes. deux de 100 kw et de 200 kw. Les deux premiers sont entraînés par des machines compound marchant à 360 tours par minute, les deux autres par des machines à triple expansion, ayant une vitesse normale de 420 t : m. La condensation est établie au rez-de-chaussée. Elle comporte 3 condenseurs Worthington capables de traiter 3000 kg de vapeur par heure. L'eau de circulation des condenseurs est prise à l'Hipper.

A l'un des bouts de la salle des machines se trouve le tableau de distribution établi, comme tout l'équipement électrique, par la société Westinghouse.

La batterie d'accumulateurs de réserve est formée de 280 éléments de 21 plaques. Le régime de décharge est de 60 ampères pendant 10 heures ou de 400 ampères pendant 1 heure. Le courant de charge est de 80 ampères. La charge se fait par l'intermédiaire d'un survolteur de 15 kw pour une partie des éléments, l'autre partie recevant directement sa charge du tableau de distribution.

Kykkelsrud (Norwège). — *Transmission d'énergie.* — Une très importante station centrale, peut-être la plus puissante d'Europe, vient d'être fondée aux environs de cette ville.

L'énergie est empruntée à l'une des chutes du Glommen; d'une hauteur utilisable de 19,2 m, le débit moyen est de 250 m³ par seconde avec un maximum de 4500. La compagnie riveraine chargea, il y a trois ans, l'Electritäts-Aktien-Gesellschafft de construire de construire à Kykkelsrud une usine hydraulique de 34000 poncelets, plus une station d'électricité 6600 kw. L'usine actuelle est établie pour quatre groupes de 2200 kw chacun, deux de 220 et un de 370, ces derniers pour l'excitation, l'éclairage de la station, etc. On se propose d'installer plus tard huit unités de 5700 kw, ce qui élèvera la puissance installée à 59000 kw dont 52000 seulement pourront être utilisés à la fois, le reste servant de réserve. A ce moment, cette station hydraulique sera la plus puissante de l'Europe.

Les deux génératrices actuelles sont à courants triphasés à inducteurs intérieurs mobiles; elles développent 2500 kilovolts-ampères à 5000 volts, à 50 périodes:s et 150 tours:m. Il y a 40 pôles, trois trous par phase et par pôle. Le rendement est de 96 pour 100.

Des transformateurs dans l'huile et refroidis par circulation d'air, élèvent la tension à 20000 volts. Toutes les enveloppes métalliques des instruments et appareils à haute tension sont reliées à un fil de terre noyé dans la rivière. Il en est de même des carcasses des génératrices et transformateurs, mais l'interrupteur, placé sur le fil de terre, n'est fermé que quand on doit s'approcher de ces machines.

La ligne de transmission a environ 90 km, elle passe en majeure partie dans des terrains de labour; dans les bois, les arbres sont abattus jusqu'à une distance de 15 à 20 m des poteaux. On a employé généralement des poteaux en pin de 12,5 m, mais dans les courbes, les passages de voies ferrées, on a placé des pylones de 15 à 19 m, enfoncés de 3 m dans un soubassement en béton.

ALFRED POTIER

La science électrique vient de perdre le conseiller aimé et vénéré auquel elle a dû, pendant près de vingt ans, ses plus sûres directions. Alfred Potier s'est éteint, à l'âge de soixante-quatre ans, après une longue maladie qui, tout en minant ses forces, n'avait amoindri ni son intelligence ni aucune des solides qualités de son caractère, auxquelles, autant qu'à sa science universelle, les savants et les ingénieurs ont dû les plus précieux conseils, les encouragements les meilleurs.

Le nom de M. Potier n'est associé à aucune de ces découvertes dont tout le monde parle; il n'est l'auteur d'aucun écrit qui ait frappé les foules; et cependant, il est incontestable qu'il ait eu sur le développement des idées, parmi les physiciens et électriciens français de notre époque, l'influence la plus profonde et la plus heureuse. S'il a peu publié, si aucune machine ne porte son nom, en revanche combien est-il d'inventions qui portent la trace de sa pensée; combien est-il de publications que les auteurs n'eussent pas voulu livrer à l'impression sans les lui avoir soumises, sans avoir tenu compte des critiques dont la sagacité égalait la bienveillance, sans avoir aussi, bien souvent, rectifié ou généralisé un aperçu en empruntant, au fonds inépuisable de M. Potier, des idées qu'il distribuait avec la plus grande libéralité.

Ceux qui ont eu le privilège de connaître M. Potier, ceux qui ont pu s'entretenir avec lui de questions de science comprenaient ce dualisme singulier d'une intelligence puissante et perspicace, d'un savoir profond et universel, en même temps que d'une énorme activité intérieure, associée à une production scientifique qui, à notre époque de publication à outrance, pourrait passer, au moins au point de vue de la quantité, comme très ordinaire. M. Potier, qui lisait énormément, et savait ce qu'il en coûte à celui qui veut se tenir au courant des progrès de la science de se mouvoir dans l'encombrement des publications de notre époque, eût redouté d'ajouter aux à-peu-près de beaucoup d'écrivains les siens propres; il s'astreignait à ne publier que des idées mûries et complètes; et combien de temps faut-il pour qu'une idée soit cristallisée dans sa forme définitive! Alors même, M. Potier en réduisait l'exposé autant qu'il était possible, dans des notes où chaque mot est indispensable, où la pensée est guidée, et comme concentrée dans des phrases courtes et claires, desquelles on sent que rien ne pourrait être retranché. Ainsi, son important théorème sur les mélanges réfrigérants, tient en moins de trente lignes des *Comptes rendus*, et il en fut toujours ainsi.

La lecture des écrits de M. Potier sont un enseignement, non seulement par leur contenu, mais aussi par leur forme, d'une lumineuse clarté pour qui attribue à chaque mot son sens strict et complet, qui voit, dans chaque phrase, la pensée intégrale qu'elle peut contenir.

Mais aussi, comme ceux qui ont beaucoup lu, dont l'esprit est perspicace, et qui envisagent d'un coup d'œil toutes les possibilités, M. Potier était sceptique à l'égard de sa propre pensée. Comme Thomas Young, après avoir trouvé une solution d'une question de science naturelle, il en envisageait immédiatement d'autres comme possibles; et, dans l'embarras où l'on se trouve souvent lorsqu'on peut choisir, il se taisait là où un esprit moins profond eût énoncé la seule possibilité qui lui fût apparue, quitte à voir bientôt qu'il avait jeté dans la science d'une idée passagère et mal affermie, que le premier souffle emporte.

Telles sont les raisons pour lesquelles M. Potier n'eut pas, dans le public, et surtout à l'étranger, le grand renom auquel il aurait eu droit non seulement par la puissance de son intelligence, mais par son œuvre véritable, sinon apparente.

M. Potier a eu mieux que ce qui peut donner l'admiration passagère des foules; tous ceux qui l'ont connu, tous ceux qui sont venus à lui lorsqu'ils avaient épuisé les ressources de leur savoir ou de leur intelligence et l'ont quitté emportant la solution qu'ils avaient vainement cherchée, lui gardent une admiration égalée seulement par la reconnaissance qu'ils doivent à son inépuisable bienveillance, au dévouement qu'il a toujours montré à toutes les bonnes et nobles causes. Et ceux-là, ce sont tous les physiciens et tous les électriciens français, depuis les vétérans jusqu'aux derniers venus.

Ce rôle de conseiller et de directeur spirituel, M. Potier l'a exercé non seulement dans la physique, qu'il a le plus cultivée pendant sa laborieuse carrière; il le conserva dans d'autres sciences qu'il avait possédées avec la même ampleur, et dont il n'avait pas cessé de suivre le progrès.

Entré à l'École polytechnique en 1859, sorti de l'École des Mines en 1863, et attaché d'abord au sous-arrondissement minéralogique de Paris, puis, en 1867, au Service de la Carte géologique de la France, M. Potier avait approfondi les problèmes de la Géologie comme ceux de la Physique, et la première de ces sciences lui doit des résultats d'un grand intérêt, consignés, pour une part, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, où il publia, seul ou avec quelques collaborateurs, des notes qui furent très remarquées. Jusqu'au moment de sa retraite comme inspecteur général des Mines, il est resté attaché au service de la carte, dont il fut, avec Munier-Chalmas, le conseil le plus écouté.

Les autres étapes de sa carrière officielle furent son

entrée à l'École polytechnique comme répétiteur en 1867, puis comme professeur en 1881. En 1887, il était chargé d'une série de conférences d'électricité à l'École des Mines; et son enseignement se montra si efficace, et devint bientôt si indispensable, qu'on créa, en 1893, une chaire d'électricité industrielle dont il a rempli les fonctions aussi longtemps que ses forces le lui ont permis.

M. Potier était membre de l'Académie des sciences depuis 1891. Membre du Comité spécial, nommé par le Jury, à l'Exposition d'électricité de 1881, il y prit bientôt une place prépondérante, due à la profondeur de ses connaissances et à la sûreté de son jugement. C'est de cette époque surtout que datent ses relations avec les électriciens, et la grande influence qu'il eut sur leur travail.

Si M. Potier débuta par des travaux de Géologie, il ne tarda pas à se vouer plus spécialement à la Physique, qui lui doit non seulement la mise au point de questions ardues et controversées, mais aussi des progrès très sûrs, pour lesquels la hardiesse de ses vues et la profondeur de son jugement firent de lui très souvent un précurseur.

Nous avons déjà cité sa note sur les mélanges réfrigérants. Publiée en 1885, elle ne pouvait pas être encore immédiatement comprise dans toute son ampleur, parce que la cryoscopie, naissante, n'avait pas conquis droit de cité parmi les grands courants des idées, et parce que la fabrication des alliages n'étaient qu'une sorte d'empirisme, d'où les directions scientifiques étaient encore absentes. Il n'en est plus ainsi aujourd'hui, et l'application du théorème de M. Potier aux alliages eutectiques a pris une importance qu'on ne lui soupçonnait pas. Son raisonnement, d'une extrême simplicité, est fondé sur la considération des pressions de vapeur et pourrait être mis en parallèle avec celui par lequel lord Kelvin démontra cet autre théorème important de la dépendance des pressions de vapeur et la courbure des surfaces.

Dans le même ordre d'idées, on doit à M. Potier la mise en évidence de relations nécessaires entre les coefficients thermiques et élastiques des solides ou des gaz, avec une application de ces dernières aux écarts des lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

Mais, comme toujours, la brièveté des notes de M. Potier ont pu tromper un temps sur leur importance, car l'ensemble des applications du dernier théorème tient en moins de deux pages du *Journal de physique*.

L'Optique doit à M. Potier des développements intéressants et toujours d'un ordre très élevé, sur des questions où la profondeur de ses vues trouvait sa pleine application. Dans la question difficile, traitée théoriquement par Fresnel et expérimentalement par Fizeau puis par M. Michelson, de l'entraînement de l'éther par les milieux transparents, il montra, dès l'année 1874, comment la formule de Fresnel, suffisamment exacte pour les petites vitesses, admet un terme correctif aux grandes vitesses. La même note contient aussi la démonstration théorique du fait, constaté par M. Mascart, dans des expériences d'une extrême délicatesse, que la plupart des phénomènes de propagation de la lumière sont indépendants de la direction des rayons par rapport au mouvement de la Terre dans l'espace. On sait l'importance prise par ces démonstrations dans les théories modernes de l'optique.

La similitude des phénomènes de l'électricité et de la propagation de la chaleur lui a suggéré des démonstrations simples et élégantes. La discussion des expériences de Wiener, à laquelle avaient pris part MM. Cornu et Poincaré, a été définitivement mise au point par M. Potier dans un article du *Journal de physique*, où se trouve exposée, de façon magistrale, cette question depuis si longtemps controversée, de la direction de la vibration par rapport au plan de polarisation de la lumière.

Dans ces notes, comme dans tant d'autres, la nature altruiste de M. Potier éclate à tous les yeux. Une question importante, mais encore un peu flottante, peut laisser du vague dans l'esprit de ceux qui cherchent à la pénétrer avec des moyens insuffisants; les maîtres qui l'ont traitée n'ont donné que le travail de leur propre pensée. M. Potier la reprend dans son ensemble, compare les opinions, met en lumière les objections, et, pour finir, donne au lecteur le moyen d'arriver à la clarté, autant qu'on le peut au jour où il écrit.

M. Potier fut peut-être le premier en France à approfondir et à posséder complètement les idées de Maxwell. Il en exposa certaines parties dans le *Journal de physique*. Mais surtout il inséra, dans la traduction française du grand ouvrage de Maxwell, de simples notes explicatives, dans lesquelles il lui semble tout simple d'accepter le rôle secondaire de commentateur, alors qu'il donne, par exemple, la théorie complète de la polarisation rotatoire magnétique, dans les idées nouvelles que Maxwell avait provisoirement laissées de côté pour revenir à la théorie élastique. Le nœud de la démonstration de M. Potier consiste à faire observer que la réaction entre les tourbillons et le milieu ambiant peut se confondre avec l'entraînement de la matière pondérable proposé par Fresnel.

Dans toutes ces notes du *Traité* de Maxwell, comme dans beaucoup d'autres, la profonde connaissance du calcul, que M. Potier ajoutait à tant d'autres, lui a permis de pousser les démonstrations plus loin que ne seraient en état de le faire la plupart des physiciens.

Les travaux, dont nous venons de donner une énumération trop brève pour en marquer toute l'importance, sont de science pure; mais M. Potier n'a pas négligé dans ses écrits la science industrielle. La théorie des moteurs à champ tournant, l'électrolyse dans les courants de tramways, le retard apparent de l'aimantation des gros noyaux de fer, les coefficients d'induction propre, lui ont fourni le sujet de publications d'une grande importance. Ses rapports présentés aux Congrès de Physique et des Électriciens de 1900 montrent bien à quel point il possédait ces questions ardues que soulèvent les moteurs électriques et avec quelle maëstria il les éclaircissait.

Comme rapporteur du Jury des récompenses de l'Exposition de 1889, il publia un ouvrage considérable, qui sera toujours consulté avec profit, non seulement par l'indication des méthodes d'étude dont il fut l'inventeur après avoir proposé, déjà en 1881, des méthodes nouvelles, mais aussi par le nombre immense de renseignements qu'il donne sur l'état de la science et de l'industrie électriques.

Président de la Société française de Physique en 1884, et de la Société internationale des Électriciens en 1895, M. Potier ne pouvait manquer de donner à ces collectivités la même impulsion qu'il prodiguait si libéralement autour de lui. Et, pour cette dernière en particulier, plusieurs réformes très utiles datent de son passage à la présidence. Jusqu'à son dernier jour, il resta en contact permanent avec cette Société, pour le Bulletin de laquelle il ne cessa de donner les plus utiles directions.

La douloureuse maladie qui vint, il y a quelques années, obliger M. Potier à se retirer de quelques-unes de ses fonctions officielles, accentua encore ce rôle de conseiller qu'il avait rempli en tous temps, et qu'un des maîtres de la science française, le chef actif auquel la Société internationale des Électriciens doit ses plus utiles fondations, caractérisait en termes que l'on ne saurait oublier. Lorsqu'en effet, la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale décida, par un sentiment de naturelle reconnaissance, de lui offrir la grande médaille à l'effigie d'Ampère, dont lord Kelvin avait été jusque là le seul titulaire, M. Mascart terminait son rapport par ces mots : « On comprend ainsi la véritable affection et le respect qu'inspire à tous les électriciens le nom de M. Potier. C'est pour répondre à ce sentiment général que le Conseil de la Société d'Encouragement s'est trouvé unanime, au nom de l'industrie française, pour lui donner ce témoignage de haute estime ».

C'est à ce témoignage que les physiciens et les électriciens de France et du monde s'associèrent de tout cœur; et c'est le même sentiment de ce qu'il fut pour ceux qui eurent le privilège de le connaître, qui rend son souvenir précieux entre tous et inoubliable à tous.

CH.-ED. GUILLAUME.

EXPÉRIENCES DE M. COOPER HEWITT

SUR LES TUBES A VIDE [1]

Les renseignements que je vais avoir l'honneur de vous communiquer sur les recherches de M. Cooper Hewitt, m'ont été fournis par son collaborateur, M. le Dr de Recklinghausen, qui a bien voulu m'assister en cette circonstance et répétera devant vous les expériences fondamentales auxquelles il a participé.

I. *Tubes à gaz raréfié de grande conductibilité.* — Si l'on veut faire passer un courant électrique dans un tube contenant un gaz raréfié, ce gaz se comporte comme un diélectrique parfait tant que le champ électrique n'a pas atteint une valeur déterminée dépendant de la pression et de la nature du gaz. Lorsqu'elle est atteinte, le gaz perd brusquement son pouvoir diélectrique et se comporte ensuite comme un conducteur, tant qu'il est traversé par un courant.

Pour le démontrer, M. Bouty place le tube contenant le gaz raréfié entre les plateaux d'un condensateur. Dès qu'un courant traverse le tube, la capacité du condensateur est augmentée comme si l'on avait rempli le tube d'un liquide conducteur.

On peut également se servir d'une ampoule munie de quatre électrodes, a, b, c et d : si un premier courant passe à travers deux d'entre elles, a et b, par exemple (fig. 1) et si l'on ferme une pile P sur les deux autres, celle-ci débite un courant facile à mesurer avec un galvanomètre G, quand même la tension de la pile ne serait que de un volt. Cet effet cesse instantanément dès que l'on interrompt le passage du premier courant.

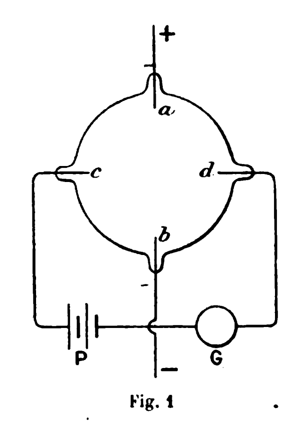


Fig. 1

M. Cooper Hewitt a étudié les tubes à vide dès 1895 et a porté spécialement son attention sur les phénomènes qui se manifestent à la surface des électrodes. Il a découvert que la résistance offerte au passage d'un courant par un semblable tube, une fois la cohésion diélectrique des gaz restants détruite, ne devait être attribuée que pour une très faible partie à la colonne gazeuse, et qu'elle résidait surtout à la surface de la cathode. Il a appelé ce phénomène *répugnance de la cathode*.

Il a découvert, en même temps, que si la surface de la cathode était désagrégée par le passage du courant (en étant volatilisée, sublimée ou décomposée par lui), elle perdait aussitôt sa répugnance et que l'on pouvait alors, après un amorçage préalable, faire traverser un tube ou une ampoule à vide, par un courant continu de grande intensité en ne disposant que de quelques volts.

C'est ainsi qu'il a pu faire passer dans une ampoule de 20 cm de diamètre environ, refroidie par un bain d'huile, un courant de 100 ampères sous 8 volts.

Cette découverte a la plus haute importance au point de vue pratique, car elle permet d'utiliser industriellement les tubes à vide que l'on pouvait croire confinés à jamais dans les laboratoires. Dès à présent, on a pu faire avec eux de nouveaux appareils d'éclairage intéressants à bien des points de vue, et une nouvelle soupape électrique

[1] Conférence de M. Maurice Leblanc faite le 29 avril 1905 à la *Société française de physique*.

avec laquelle on redresse, dans les meilleures conditions de rendement, des courants alternatifs de toutes fréquences, même égale à 10^8, résultat impossible à atteindre par tout autre moyen. Nous signalerons encore un exploseur qui interrompt et rétablit un courant au moins 10^5 fois par seconde et, enfin, un interrupteur pour courants alternatifs qui permet de les couper au moment précis où leur intensité est nulle.

Voici comment M. Cooper Hewitt a mis en évidence la propriété fondamentale de la cathode.

Il a pris un tube vertical ayant 30 mm de diamètre intérieur, muni de 3 électrodes *a*, *b*, *c*, comme celui représenté sur la figure 2. Chacune de ces électrodes

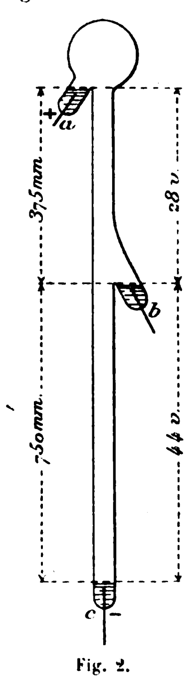


Fig. 2.

était constituée par une petite poche remplie de mercure où pénétrait un fil de platine, après avoir traversé le verre. La distance des électrodes *a* et *b* était de 37,5 cm et celle des électrodes *b* et *c* de 75 cm.

Ce tube ayant été soigneusement vidé d'air, il l'a amorcé au moyen d'un des procédés décrits plus haut et a fait passer un courant continu entre les électrodes *a* et *c*, la première servant d'anode et la seconde de cathode.

Avec 72 volts seulement, le courant a acquis une intensité de 3,5 ampères. Son passage maintenait la surface de la cathode à l'état de désagrégation. Son mercure s'évaporait, mais se condensait sur les parois du tube et retombait à la partie inférieure; la cathode se reconstituait ainsi au fur et à mesure de sa destruction.

Dans ces conditions, il a mesuré successivement les tensions existant entre les électrodes *a* et *b* et entre les électrodes *b* et *c* et les a trouvés respectivement égales à 28 et à 44 volts.

Le rapport de ces tensions est voisin de celui des distances des électrodes *a*, *b* et *b*, *c*. Mais il en diffère, car il y a encore une chute brusque de tension à la surface de chaque électrode. Ces chutes de tension sont d'ailleurs peu importantes et leur somme est rarement supérieure à 14 volts.

Il a réuni alors les électrodes *b* et *c* par un circuit renfermant un galvanomètre et constaté le passage d'un courant de un à deux centièmes d'ampère, ayant une intensité du même ordre de grandeur que celle du courant qu'eût fait passer la même tension entre les électrodes *c* et *d* de l'ampoule de la figure 1, lorsqu'un premier courant eût passé entre les deux autres. La presque totalité du courant continuait à passer entre les électrodes *a* et *c*.

Il a ensuite réuni l'électrode *b* à l'anode *a*. Aussitôt l'entrée du courant a sauté de l'anode *a* à la nouvelle anode *b*.

En intercalant, entre la source d'électricité et les anodes *a* et *b*, deux rhéostats à résistances variables, il a pu partager le courant entre les deux anodes, dans une proportion quelconque : la portion du tube comprise entre les électrodes *a* et *b* se comportait comme une simple résistance.

Cette expérience démontre péremptoirement qu'une électrode en mercure n'offre que très peu de résistance au passage du courant, lorsqu'elle sert d'anode et qu'elle lui en oppose, au contraire, une très considérable lorsqu'elle sert de cathode si sa surface ne se trouve pas maintenue à l'état de désagrégation continuelle par le passage d'un courant suffisamment intense, préalablement établi.

M. Cooper Hewitt a repris la même expérience en remplaçant le mercure par d'autres corps. Il a toujours obtenu les mêmes résultats, mais l'intensité du courant qui doit traverser la cathode *c* est d'autant plus grande qu'il s'agit de corps plus difficiles à désagréger d'une manière quelconque.

La *répugnance de la cathode* est donc une propriété générale : on peut toujours la surmonter en désagrégeant sa surface.

Le graphite est facile à désagréger : il se transforme en poussière. Il en est de même pour le potassium et le sodium, mais leurs vapeurs attaquent rapidement le verre du tube. Quant aux sels, leur dissociation amène la production de vapeurs acides qui attaquent l'anode.

Pratiquement, le mercure à l'état de pureté permet seul de constituer une cathode, dont on puisse maintenir constamment la surface à l'état de désagrégation et qui se reconstitue d'elle-même, au fur et à mesure de sa destruction. Les vapeurs de mercure n'exercent aucune action nocive sur les parois du tube ou sur l'anode, si elle est en fer, comme celles qu'emploie M. Cooper Hewitt.

On peut donc constituer un tube à vide offrant une grande conductibilité au passage d'un courant continu, une fois qu'il a été amorcé, à la condition de lui donner une cathode en mercure et de le faire toujours traverser par un courant continu d'intensité suffisante pour que la surface de la cathode soit maintenue à l'état de désagrégation. L'anode peut être en mercure, en fer ou tout autre métal non attaquable par les vapeurs de mercure.

D'ordinaire l'anode s'échauffe davantage que la cathode. Si on la fait en mercure, il y a un transport de métal de

l'anode à la cathode opéré par voie de distillation et il faut interrompre de temps en temps le fonctionnement des tubes pour partager à nouveau le mercure entre les deux électrodes. On évite cet inconvénient en se servant d'anodes en fer.

II. *Amorçage.* — Tout tube à vide et à cathode de mercure doit être préalablement amorcé, c'est-à-dire que la cohésion diélectrique des gaz restants doit être détruite une fois pour toutes, avant que l'on puisse lui faire produire un effet utile.

Un premier moyen consiste à lui faire supporter, pendant un temps court, une tension suffisante développée par une source d'électricité capable de lui fournir, en même temps, un courant d'intensité assez grande pour amener la désagrégation immédiate de la surface de la cathode.

Cette source doit pouvoir fournir un grand débit d'énergie, mais seulement pendant un temps très court. Il était tout indiqué de la constituer avec une bobine de self-induction, qui restituerait brusquement l'énergie qu'elle aurait emmagasinée pendant un temps quelconque.

Aussi M. Cooper Hewitt a-t-il eu recours au dispositif suivant (fig. 3).

Soit A le tube que l'on veut amorcer, *a* son anode en fer, et *c* sa cathode de mercure.

On relie l'anode au pôle + de la source d'électricité

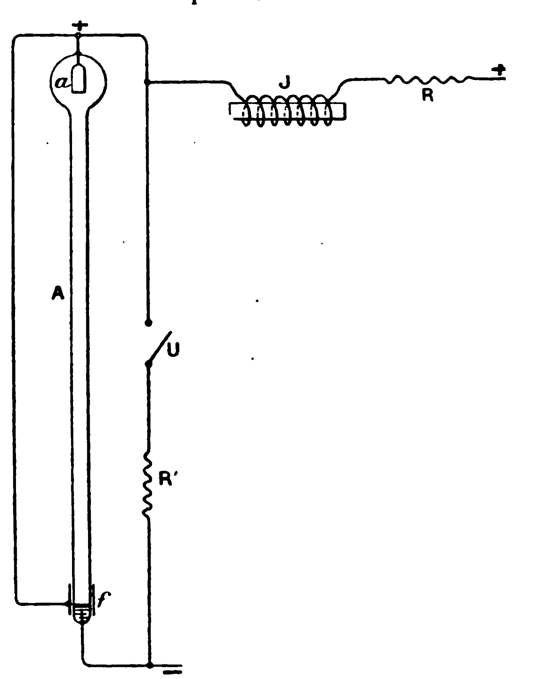


Fig. 3.

par l'intermédiaire d'une résistance R et d'une bobine de self-induction J.

D'autre part, la cathode étant reliée au pôle — de la source, on établit une connection, entre l'anode et la cathode, renfermant un interrupteur à huile et à action rapide U et une résistance R'.

Enfin, autour du tube et dans le voisinage immédiat de la cathode, on dispose une feuille d'étain *f*, que l'on relie à l'anode. On réalise ainsi un petit condensateur, dont les armatures sont formées par la feuille d'étain et le mercure de la cathode et qui est monté en dérivation entre les bornes de l'interrupteur. Quand on ouvrira celui-ci, l'extra-courant de rupture ira d'abord charger ce condensateur, au lieu de se frayer un passage à travers l'huile, ce qui augmentera la rapidité de l'action de l'interrupteur, comme dans les bobines de Ruhmkorf.

Mais cette disposition a une efficacité toute spéciale dans le cas actuel. En effet : la charge du condensateur amène une variation brusque de la tension superficielle du mercure de la cathode. Il en résulte une violente agitation de cette surface, qui est ainsi désagrégée, au moment même où la cohésion diélectrique du gaz est détruite.

L'expérience montre que la quantité d'énergie qu'il faut emmagasiner dans la bobine de self-induction J, pour déterminer l'amorçage, doit être environ 5 fois plus grande, lorsque ce condensateur est supprimé que lorsqu'il est rétabli.

Pour amorcer le tube, on ferme l'interrupteur U. Un courant d'intensité constante finit par le traverser, après avoir emmagasiné une certaine quantité d'énergie dans la bobine de self-induction J. On ouvre alors l'interrupteur, ce qui provoque alors un véritable coup de bélier. La tension s'élève entre l'électrode et la cathode, jusqu'à ce qu'un courant franchisse le tube. Celui-ci est aussitôt amorcé et un courant d'intensité constante le traverse désormais. La résistance R sert à régler son intensité. La résistance R' sert à régler l'intensité du courant dans la bobine, avant la mise en route, et, par suite, la quantité d'énergie disponible pour l'amorçage.

La tension nécessaire est proportionnelle à la longueur du tube A, mais croît très rapidement avec le degré de raréfaction des gaz, en tendant vers l'infini, lorsque le vide demeure absolu.

Pour éviter d'avoir à produire des tensions excessives, M. Cooper Hewitt a fait des tubes ayant deux anodes, *a* et *b*, et une cathode, *c*, comme celui réprésenté sur la fig. 4.

L'anode *b* est située aussi près que possible de la cathode *c*. On relie les anodes *a* et *b* par un circuit contenant un interrupteur U'. Cet interrupteur étant fermé, on détermine, comme précédemment, l'amorçage entre l'anode *b* et la cathode *c*. Le tube devient conducteur sur toute sa longueur et une partie du courant passe par l'anode *a*. On ouvrira l'interrupteur U' et la totalité du courrant passe par l'anode *a*. Dans ces conditions, pendant l'amorçage, on n'a à surmonter que la cohésion diélectrique de la colonne comprise entre les électrodes *b* et *c* au lieu de celle de la colonne comprise entre les électrodes *a* et *c*.

Néanmoins, lorsque la raréfaction des gaz devient extrême et que, la lampe étant froide, la tension des vapeurs de mercure émises par la cathode est sensiblement nulle, la tension nécessaire pour déterminer l'amorçage

est encore énorme. Il faut alors avoir recours à la méthode suivante, connue d'ailleurs depuis longtemps :

On incline le tube de façon qu'un mince filet de mercure vienne joindre l'anode à la cathode et établisse un

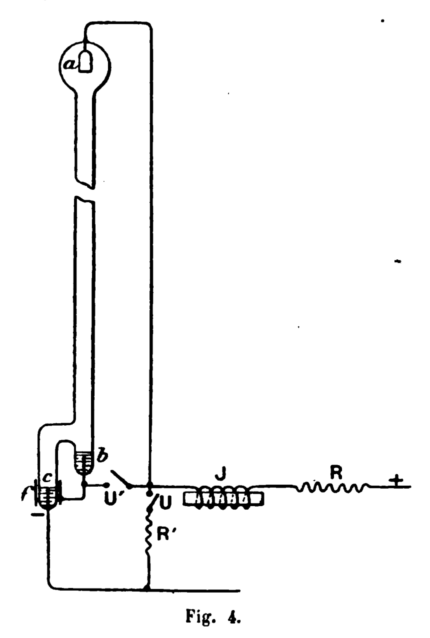


Fig. 4.

court-circuit. Le courant passe : dès qu'on redresse le tube, le court-circuit est interrompu, un arc jaillit à l'intérieur du tube et détermine son amorçage immédiat.

III. *Stabilité du fonctionnement.* — Si l'intensité du courant devient trop faible pour entretenir l'état de désagrégation de la cathode, elle reprend immédiatement sa répugnance.

Or, les expériences de MM. Wiedemann, Ruhlmann et Cantor ont montré qu'un courant traversant un gaz raréfié, lorsqu'il est fourni par une source à tension constante, est toujours discontinu.

Il était donc nécessaire de le forcer à demeurer continu en faisant croître automatiquement la tension aux bornes du tube, lorsque l'intensité diminuait et réciproquement. M. Cooper Hewitt y est arrivé en montant en série, avec chacun de ses tubes, une résistance ou une bobine de self-induction.

Au contraire, on rend impossible le fonctionnement d'un tube raréfié, si l'on dispose un condensateur de capacité appréciable entre ses bornes.

M. Robert de Valbreuze qui a fait, il y a deux ans, d'intéressantes recherches sur les tubes à vide, a reconnu, de son côté, la grande efficacité des bobines de self-induction pour les maintenir amorcés. Elles ont l'avantage de ne pas dépenser d'énergie.

Toutefois, pour des raisons qui seront exposées plus loin, M. Cooper Hewitt joint à leur action celle d'une résistance ohmique.

IV. *Étude spéciale de la conductibilité des tubes à vide et à cathode de mercure.* — M. Cooper Hewitt, avec l'aide de M. Wills, a fait de nombreuses expériences sur la conductibilité de ses tubes. Il a d'abord étudié comment variait la tension à l'intérieur d'un tube à vide à cathode de mercure, à la surface des électrodes et le long de la colonne gazeuse.

Un premier point était déjà acquis : la présence de gaz raréfiés à l'intérieur du tube ne pouvait produire qu'un accroissement de résistance après l'amorçage. Aussi, les expériences n'ont-elles porté que sur des tubes où le vide avait été porté aussi loin que possible, et qui ne renfermaient plus que la vapeur de mercure émise par la cathode.

M. Cooper Hewitt avait aussi constaté que la chute de tension, à la surface des électrodes, était presque indépendante de l'intensité du courant, qu'elle ne dépendait guère que de la température de ces surfaces et diminuait lorsque celle-ci augmentait.

Ils ont opéré sur des tubes à anode de fer. Une pince thermo-électrique, traversant le verre, passait à 1 cm environ de l'anode, et un électromètre mesurait la chute de tension entre l'anode et la vapeur située dans son voisinage immédiat.

On se servait d'un électromètre pour éviter l'action de la cathode sur le courant qui aurait dû traverser un voltmètre.

M. Wills a, en particulier, relevé sur un tube de 19 mm de diamètre, les nombres suivants qu'il a publiés en août 1904 dans l'*Electrical Review* :

Intensité du courant en ampères.	Chute de tension à la surface de l'anode en volts.	Température de l'anode en degrés C.
1,25	6,25	125
1,75	5,8	145
2,25	5,4	172
2,75	5,1	200
3,25	4,6	245

Il est impossible de faire la même expérience avec la cathode, à cause de l'état d'agitation continuel de sa surface. Mais, en opérant sur des ampoules de grande section dont l'anode et la cathode étaient très voisines, et où la chute de tension dans le milieu intermédiaire était négligeable, il était possible, en connaissant la chute de tension totale entre les deux électrodes et la chute de tension à l'anode, d'en déduire, par simple différence, la chute de tension à la cathode.

On a trouvé, ainsi, que cette dernière chute était très sensiblement constante et égale à 5 volts.

MM. Cooper Hewitt et Wills ont ensuite recherché comment variait la tension à l'intérieur d'un tube, en fonction de son diamètre, de la pression de vapeur de mercure qui y régnait et de l'intensité du courant qui le traversait.

Pour cela, ils ont pris des tubes de diamètres différents (voir fig. 5) dans lesquelles pénétraient : 1° une pince thermo-électrique C et une pointe de platine D situées à une distance déterminée l'une de l'autre. La pince thermo-électrique C actionnait un galvanomètre B, dont la déviation donnait la température à l'intérieur du tube. On en

déduisait la tension de vapeur du mercure au moyen des tables de lord Rayleigh. Un électromètre E mesurait la tension entre les points C et D. On faisait varier la tem-

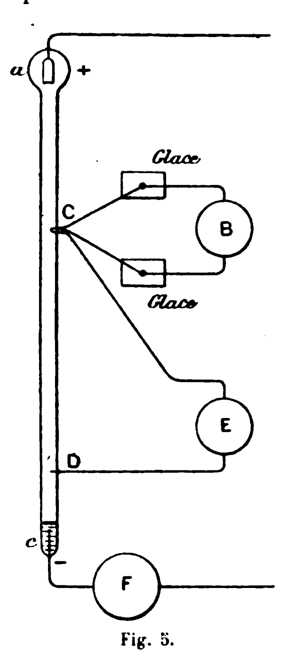


Fig. 5.

pérature de la lampe en la réchauffant extérieurement, et un ampèremètre F mesurait l'intensité du courant qui la traversait.

La colonne lumineuse ne remplit pas toujours complètement le tube. Elle cesse de le faire, dès que la tension de vapeur a une valeur déterminée. A partir de ce moment, son diamètre augmente avec l'intensité du courant et diminue lorsque la tension de la vapeur augmente.

Les diagrammes de la figure 6 représentent les résultats observés sur un tube de 38 mm de diamètre. Ils montrent comment varie, pour ce tube, la différence de potentiel par cm, en fonction de la tension de vapeur et de l'intensité du courant.

Ils se composent chacun de deux droites se coupant sous un angle obtus. La tension de vapeur Δ_q au point d'intersection de ces deux droites est approximativement donnée par l'expression :

$$\Delta_q = \frac{\sqrt[4]{I}}{\sqrt{D}}$$

où I représente l'intensité, exprimée en ampères, du courant qui traverse le tube et D le diamètre de ce dernier, exprimé en centimètres.

La discontinuité du phénomène s'explique aisément parce que, tant que l'on a $\Delta < \Delta_q$, la colonne lumineuse occupe toute la section du tube et que, pour $\Delta > \Delta_q$, elle n'en occupe qu'une partie.

Il est à remarquer que, pour un même tube, les droites appartenant à chacun des deux groupes de droites composant les diagrammes relatifs à des intensités différentes convergent en un même point et que les deux points de convergence ont même abscisse.

Pour des tubes plus étroits, on trouve des diagrammes composés de droites semblables, mais qui se relèvent plus rapidement.

M. Wills a pu représenter les résultats observés par la

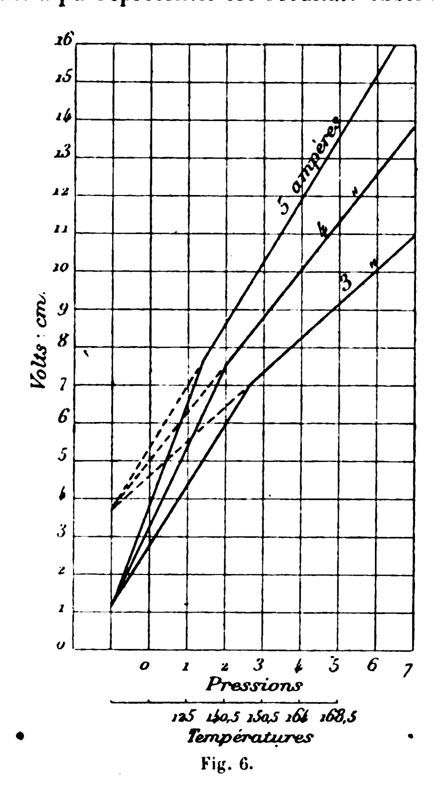


Fig. 6.

formule suivante où X désigne la différence de potentiel nécessaire pour faire traverser par un courant de I ampères, un cm de longueur d'un tube de D cm de diamètre, la tension de vapeur étant de Δ mm de mercure. Dans cette formule, a, b, c et d représentent des constantes :

$$X = a\left(b + \frac{1}{\sqrt{I}}\right)\left(c + \frac{1}{\sqrt{D}}\right)\left(\Delta + \frac{2}{D} + \frac{1}{\sqrt{D}}\right) + d.$$

On a pour :

$\Delta < \Delta_q$.	$\Delta > \Delta_q$.
$a = 0,545$	$a = 0,150$
$b = 0,775$	$b = 0,398$
$c = 1,71$	$c = 0,122$
$d = 0,100$	$d = 0,370$

Cette formule montre que la tension X est une fonction linéaire de la tension de vapeur Δ. Un tube conduit donc d'autant mieux que le vide y est plus grand.

Les figures 7 et 8 se rapportent au cas où la pression dans le tube est maintenue constante et égale à 1 mm de mercure.

La première montre comment varie la tension linéaire en volts par cm lorsque l'intensité du courant augmente, dans des tubes de diamètre différents. La seconde montre comment varie la même tension linéaire, avec le diamètre du tube, pour des courants de diverses intensités.

Les diagrammes des figures 6, 7 et 8 sont des illustrations de la formule de M. Wills.

V. *Influence d'un champ magnétique sur un tube à vide et à cathode de mercure.* — M. Hewitt a eu l'idée d'approcher un aimant d'un tube à vide et à cathode de

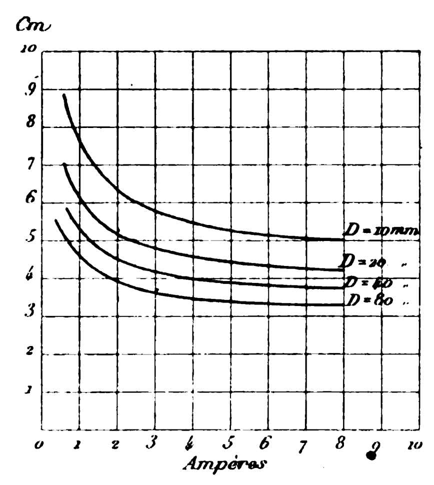


Fig. 7. — Lire volts par cm en ordonnées.

mercure traversé par un courant. Il a constaté qu'une flamme dirigée suivant les lignes de force émanait alors de la tache brillante constituant la zone de désagrégation

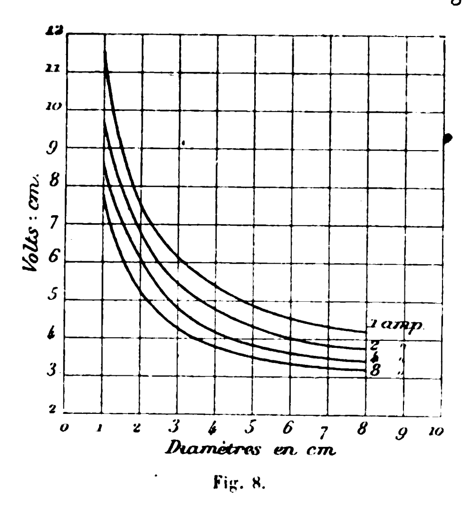


Fig. 8.

de la cathode et venait s'écraser contre les parois du tube, en un point où se manifestait un vif dégagement de chaleur.

Un phénomène très curieux s'est manifesté : la colonne lumineuse, qui continuait à aller de l'anode à la cathode, contournait cette flamme, en affectant la forme d'une hélice.

APPLICATIONS

VI. *Lampes dites à vapeur de mercure.* — La tension nécessaire pour faire passer un courant dans un tube à vide, dont la cathode est en mercure, est d'autant plus petite, après l'amorçage, que la raréfaction du gaz a été poussée plus loin. Lorsqu'elle est extrême et que le tube est refroidi de manière que la vapeur de mercure émise par la cathode se condense immédiatement et ne vienne pas remplir le tube, le passage d'un courant de plus de 100 ampères ne se manifeste que par l'apparition d'une tache brillante à la surface de la cathode, à l'endroit où cette surface est désagrégée. La colonne gazeuse demeure obscure.

Si la raréfaction est poussée moins loin, le tube étant toujours refroidi, la résistance est plus grande, mais le tube s'illumine et sa couleur est caractéristique du gaz qu'il contient encore : rose si c'est de l'azote, violette si c'est de l'hydrogène.

Un tube où le vide a été poussé aussi loin que possible, s'illumine aussi dès que l'on cesse de le refroidir et qu'il est envahi par la vapeur de mercure, et la lumière émise a la couleur verte du spectre du mercure.

On conçoit la possibilité d'utiliser de semblables tubes comme appareils d'éclairage.

M. le Dr de Recklinghausen a fait les expériences suivantes : un tube à cathode de mercure primitivement rempli d'azote était plongé dans de la glace, il paraissait rose; dès qu'on enlevait la glace, il était envahi par la vapeur de mercure et devenait vert. L'un des spectres de l'azote ou du mercure était toujours prépondérant. Il a substitué à l'azote divers gaz parmi ceux qui ne pouvaient attaquer les électrodes, en particulier l'argon et l'hélium. Le résultat a toujours été le même. Il semble donc que le courant demande de le transporter, suivant les cas, de préférence aux ions de l'un ou l'autre des gaz ou vapeurs qui remplissent le tube, au lieu de le demander à plusieurs d'entre eux à la fois.

Il a ensuite remplacé le mercure par un amalgame de potassium. Dans un tube vertical long de 1 m, la partie supérieure devenait rouge et la partie inférieure verte, le changement de couleur se produisant sur une longueur de 2 cm environ. Quoi que l'on fasse, il est impossible de superposer pratiquement les spectres de corps différents dans des tubes à vide.

Comme on ne saurait maintenir une lampe électrique dans de la glace, si l'on veut employer des tubes à gaz raréfié et à cathode de mercure comme appareils d'éclairage, on doit accepter une lumière verte correspondant au spectre du mercure.

Elle a le grand défaut de dénaturer complètement les couleurs et de donner un aspect cadavérique aux personnes, mais elle est très reposante pour la vue et est très économique.

Les lampes normales de M. Cooper Hewitt ne consomment, en effet, que 0,45 watt par bougie en tenant compte de la perte de puissance dans les résistances inductives qui les accompagnent. Toutefois, si l'on consent une perte de 25 pour 100 dans la lumière produite, on peut la mélanger de rayons rouges en enveloppant les lampes avec une étoffe de soie imprégnée d'une substance fluorescente, telle que la rhodamine. Dans ces conditions, les personnes recouvrent leur aspect naturel.

La lampe à vapeur de mercure, telle qu'elle est, peut rendre bien des services, quand des questions d'esthétique ne sont pas en jeu. Elle convient admirablement à l'éclairage des ateliers et des bureaux de dessin.

La nocivité des rayons rouges, aux points de vue physiologique et psychologique, est bien connue. Les ateliers de MM. Lumière, à Lyon, étaient primitivement éclairés à la lumière rouge et leur personnel, composé d'hommes et de femmes, était, paraît-il, ingouvernable. Ils ont trouvé une couleur verte non photogénique : ils l'ont substituée au rouge et, depuis ce changement, le calme le plus absolu règne dans leur établissement.

La lumière des lampes à vapeur de mercure possède les mêmes qualités calmantes tout en étant très photogénique : elle convient admirablement pour la photographie.

Les tubes de verre arrêtent les rayons ultra-violets, mais des artistes spéciaux ont réussi dernièrement à faire des lampes à vapeur de mercure en quartz, bien que sa température de fusion soit de 800° C supérieure à celle du verre. Ces lampes fournissent tellement de rayons ultra-violets que l'on ne saurait les regarder longtemps, sans danger pour les yeux, mais elles ont des usages médicaux et peuvent servir au traitement du lupus.

A égalité d'intensité du courant, la luminosité d'un tube augmente avec la pression de la vapeur de mercure qui le remplit, mais la différence de potentiel nécessaire pour faire passer le courant augmente plus rapidement avec cette pression, à partir d'une certaine limite. Il y a donc une pression de vapeur pour laquelle le rendement lumineux est maximum. Elle est voisine de 2 mm de mercure, correspondant à la température de 145° C.

Le problème revenait à dimensionner la lampe de manière que sa température intérieure se maintînt d'elle-même aux environs de 145° C. La température de nos habitations étant toujours voisine de 20° C, il suffisait de régler convenablement sa surface de refroidissement.

M. Cooper Hewitt y est parvenu en disposant, autour de la cathode, une chambre de condensation de diamètre beaucoup plus grand que celui du tube, comme le montre la figure 9. C'est contre les parois de cette chambre que

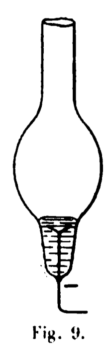


Fig. 9.

se condense la majeure partie des vapeurs issues de la cathode, et c'est à travers elles que se dissipe presque toute la chaleur.

On a soin de disposer du coton de verre au fond des tubes pour amortir les coups de marteau du mercure, si le tube venait à être culbuté. On peut arriver au même résultat en reliant les fils de platine qui traversent le verre à des coupelles en acier.

Ces dispositions paraissent avoir une très grande importance en pratique.

Toutes les lampes sont faites pour une intensité de 3,5 ampères. Ce chiffre ne saurait être dépassé, sans prendre des dispositions assez coûteuses, pour assurer le passage du courant au travers des fils traversant le verre.

Avec une intensité plus faible, un courant d'air pourrait éteindre la lampe, en refroidissant par trop sa cathode.

Le diamètre du tube a été déterminé par les considérations suivantes :

Faisons fonctionner une lampe dans une atmosphère à la température de 20° environ, et faisons la traverser par des courants d'intensité successivement croissante. La tension qu'il faudra développer entre ses bornes variera, en fonction de l'intensité, comme le représente la courbe de la figure 10.

Il passera par un minimum qui, toutes choses égales d'ailleurs, sera fonction du diamètre du tube.

On fera varier la surface de la chambre de condensa-

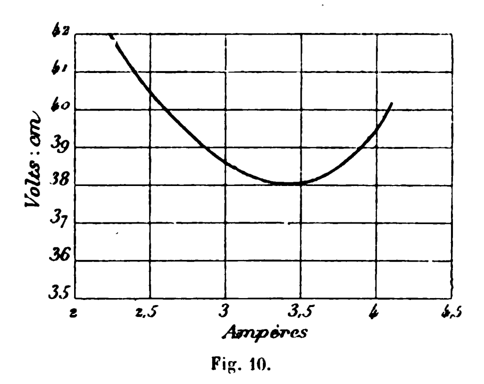


Fig. 10.

tion, de manière que la pression de vapeur soit à peu près de 2 mm de mercure, lorsque l'intensité sera de 3,5 ampères. Mais, pour que le régime de la lampe soit stable, la différence de potentiel nécessaire aux bornes de la lampe devra passer par un minimum, précisément pour cette intensité.

S'il en est ainsi, il suffira de monter une résistance en série avec la lampe, comme s'il s'agissait d'une lampe à arc, pour qu'un accroissement d'intensité amène une diminution de tension et, par suite, tende à ramener l'intensité à sa valeur normale et réciproquement.

Le fonctionnement de la lampe sera alors parfaitement stable.

Il faut donc déterminer le diamètre du tube, de manière que la courbe de la figure 10 passe par un minimum, lorsque l'intensité du courant est de 3,5 ampères. Cette courbe se rapporte à une lampe destinée à fonctionner sous 50 volts. Le résultat voulu est obtenu avec une grande approximation, mais on perd, dans la résistance, une grande partie de la tension disponible (22 volts environ).

Cela n'empêche pas le rendement industriel de cette lampe d'être très élevé, la consommation totale n'étant que de 0,45 watt par bougie.

Afin de donner au fonctionnement de ses lampes la stabilité nécessaire, M. Cooper Hewitt les a accompagnées simultanément d'une résistance et d'une bobine de self-induction.

La self-induction sert à empêcher les variations brusques de courant qui tendent toujours à se produire dans les tubes à vide. La résistance sert à maintenir à la valeur voulue l'intensité normale du courant qui traverse la lampe.

L'une de ces lampes est schématiquement représentée sur la figure 11. On les amorce en les inclinant et en

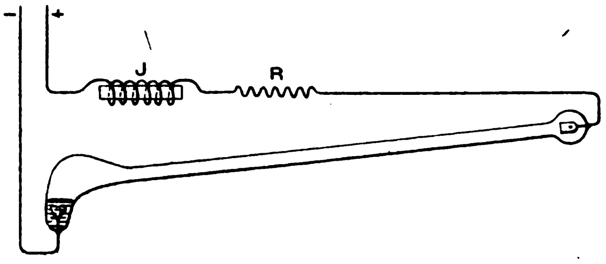


Fig. 11.

établissant ainsi un court-circuit momentané entre l'anode et la cathode.

VII. *Soupape électrique.* — Une cathode ne peut laisser passer un courant que si sa surface a été préalablement désagrégée. Cette propriété permet de réaliser une soupape électrique, c'est-à-dire un circuit à travers lequel une force électromotrice alternative ne peut faire passer que des courants d'un sens déterminé.

Considérons, par exemple, la disposition suivante (fig. 12) :

Une ampoule A est munie d'une cathode C en mercure

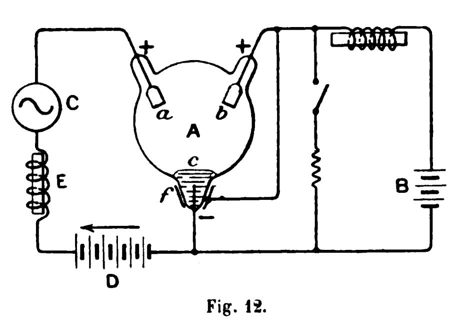


Fig. 12.

et de deux anodes *a* et *b* en fer, mais qui pourraient aussi être en mercure.

Faisons passer un courant continu entre l'anode *b* et la cathode *c* par les procédés ordinaires. Ce courant sera fourni par une petite batterie B qui n'aura à développer que 14 volts entre les électrodes *b* et *c* et produira seulement un courant d'intensité suffisante, 3,5 ampères par exemple, pour maintenir la surface de la cathode *c* à l'état de désagrégation.

Faisons agir en même temps une source de force électromotrice alternative C entre les électrodes *a* et *c*.

Lorsque le courant tendra à aller de l'électrode *a* à la cathode *c*, il n'aura à subir qu'une chute de tension de 14 volts. Il passera donc si la source C développe une tension supérieure.

S'il tend, au contraire, à aller de *c* en *a*, l'électrode *a* jouera le rôle de cathode. Sa répugnance n'étant pas détruite par une désagrégation superficielle préalable, elle s'opposera au passage du courant.

Le circuit comprenant la source de force électromotrice *E* sera le siège d'un courant toujours de même sens, qui pourra charger une batterie d'accumulateurs D, développant une force contre-électromotrice bien supérieure à la force électromotrice de la batterie B. En même temps, l'intensité du courant, qui la chargera pourra être bien plus grande que 3,5 ampères.

Enfin, si nous intercalons une bobine de self-induction E dans ce circuit, nous pourrons rendre très sensiblement continue l'intensité du courant.

Cet appareil permet donc de faire produire un courant continu par un alternateur. Mais l'alternateur ne travaille alors que pendant la moitié du temps. On évite cet inconvénient comme il suit :

Un alternateur (fig. 13) alimente le circuit primaire P

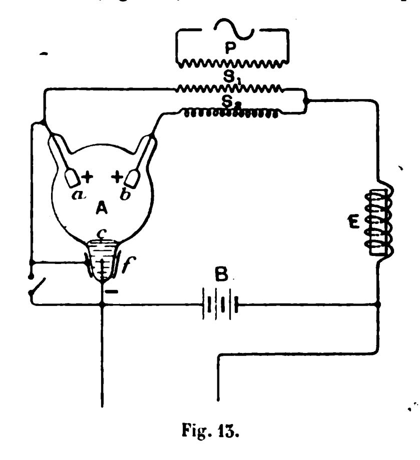


Fig. 13.

d'un transformateur muni de deux circuits secondaires S_1 et S_2 ayant le même nombre de spires du même fil, mais enroulés l'un à gauche, l'autre à droite.

Les points d'entrée de ces circuits sont individuellement reliés aux deux anodes *a* et *b* de l'ampoule A. Leurs points de sortie sont réunis et servent de point de départ au circuit extérieur, que l'on veut faire traverser par un courant continu. Ce circuit aboutit à la cathode C. Il doit contenir une bobine de self-induction E.

On monte en dérivation, entre les conducteurs d'aller et de retour de ce circuit, une batterie d'accumulateurs B qui sert à amorcer l'ampoule. De cette manière, l'alternateur débite un courant alternatif et rien n'est changé à son fonctionnement. Le courant secondaire traverse successivement l'un et l'autre des circuits secondaires.

Une fois l'appareil mis en route, on peut supprimer la batterie B, la bobine de self-induction E suffisant pour empêcher le courant de s'annuler avec la force électromotrice développée dans les circuits secondaires.

Une fois l'appareil mis en route, on peut supprimer la

batterie B, la bobine de self-induction B suffisant pour empêcher le courant de s'annuler avec la force électromotrice développée dans les circuits secondaires.

Lorsqu'il s'agit de redresser des courants triphasés, M. Cooper Hewitt emploie une ampoule A qui a trois anodes a_1, a_2, a_3 et une cathode de mercure c (fig. 14).

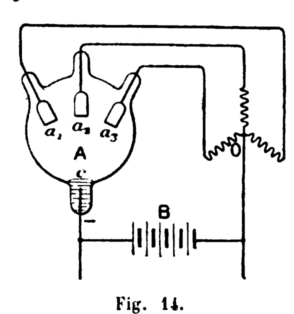


Fig. 14.

Le transformateur a ses circuits secondaires montés en étoile. Leurs trois points d'entrée sont individuellement reliés aux anodes a_1, a_2, a_3. Le circuit à courant continu est branché entre le point neutre O et la cathode c. Une batterie d'accumulateurs B sert à opérer l'amorçage de l'ampoule, comme dans les cas précédents.

Ici, il n'est plus besoin d'une bobine de self-induction pour maintenir l'appareil amorcé, une fois que la batterie a été supprimée. En effet, les courants débités par les trois circuits du transformateur ne s'annulent jamais simultanément; d'autre part, la self-induction des circuits d'armature de l'alternateur suffit pour empêcher toute variation brusque de l'intensité des courants.

M. Cooper Hewitt a réussi à faire des redresseurs de ce système capables de débiter un courant continu de 50 ampères sous 500 volts et dont le rendement s'élève à 98 pour 100. Tout fait espérer que ces résultats seront de beaucoup dépassés dans l'avenir, lorsqu'on aura définitivement réussi à remplacer les ampoules en verre par des ampoules métalliques.

Les services que rendront ces appareils, lorsqu'ils seront devenus tout à fait industriels, seront immenses.

Ils permettent, en effet, de redresser des courants ayant la fréquence de ceux de Hertz, c'est-à-dire des courants capables de transmettre de l'énergie à distance, par induction, à travers l'air. Il serait donc possible de transmettre de l'énergie sans fil au lieu de transmettre seulement des messages. En supposant que cela ne puisse se faire qu'à petite distance, il serait déjà fort intéressant de pouvoir transmettre de l'énergie à des voitures automobiles au moyen d'une simple ligne parallèle à la route, par induction et sans aucun contact direct.

Ces appareils permettraient enfin de redresser des courants alternatifs sans se servir de collecteur, ce qui constituerait un grand progrès pour l'industrie électrique.

VII. *Exploseurs.* — Pour produire des courants de haute fréquence, on ne peut se servir d'alternateurs et l'on doit avoir recours aux phénomènes de décharge oscillante.

Il y a alors le plus grand intérêt, surtout si l'on veut mettre à profit les phénomènes de résonance électrique, à restituer au condenseur qui se décharge, au bout de chaque demi-période de courant, l'énergie qu'il vient de fournir. En opérant ainsi, on peut obtenir des courants dont l'intensité efficace est toujours constante, et dont les variations d'intensité, pendant la durée de chaque demi-période, suivent très sensiblement la loi sinusoïdale.

Que faut-il pour cela? un exploseur doué des propriétés suivantes :

1° Un arc ne pourra jaillir entre ses électrodes que lorsqu'une tension élevée et toujours la même aura été développée entre elles. Le condensateur branché entre ces électrodes aura alors une charge élevée et bien déterminée chaque fois que l'arc jaillira.

2° Aussitôt l'arc éclaté, la tension qu'aura à surmonter le courant pour passer, devra être aussi petit que possible et très faible par rapport à celle qui aura déterminé l'amorçage.

3° L'exploseur devra se désamorcer instantanément lorsque l'intensité du courant qui le traversera passera par zéro.

M. Cooper Hewitt a réalisé un semblable exploseur de la manière la plus simple. Il se compose d'une ampoule A munie de deux électrodes en mercure identique P et Q (fig. 15).

La tension nécessaire pour faire jaillir un arc entre ces électrodes est d'autant plus grande que le vide a été

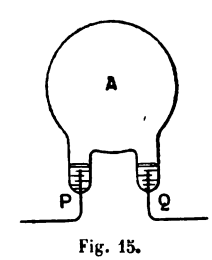


Fig. 15.

poussé plus loin dans l'ampoule. Il est facile de le rendre égal à 10 000 ou 20 000 volts. Si l'appareil est refroidi par un bain d'huile de manière que les vapeurs de mercure ne puissent envahir l'ampoule, cette tension demeurera toujours la même. Une fois l'amorçage obtenu, le courant n'a plus que 14 volts à surmonter. Enfin, lorsque le courant s'annule, la surface de la cathode cesse d'être désagrégée et elle reprend presque instantanément sa répugnance.

M. Cooper Hewitt a pu obtenir de cette manière des courants alternatifs parfaitement réguliers, dont la fréquence atteignait 100 000 par seconde, ainsi que le révélait un miroir tournant. Rien ne lui a fait supposer que cette fréquence ne puisse être dépassée dans les mêmes conditions.

Cet appareil doit donc permettre de produire industriellement, et avec un très bon rendement, des courants alternatifs de haute fréquence, d'allure aussi régulière que ceux fournis par les alternateurs. La fréquence 10^5 est beaucoup trop faible pour qu'on puisse transmettre

sans fil de l'énergie à grande distance, mais elle permet de la transmettre, par induction, à quelques mètres d'une ligne parcourue par ce courant de haute fréquence.

On a reconnu expérimentalement la possibilité de transmettre un courant de haute fréquence à grande distance, le long d'une ligne électrique, sans déterminer de surtensions dangereuses. Il suffit, pour cela, de disposer de distance en distance des bobines de self-induction montées en dérivation entre les conducteurs d'aller et de retour, en les dimensionnant de manière que l'énergie qu'elles emmagasinent quand la ligne est parcourue par un courant de la fréquence voulue, soit égale à celle qui est emmagasinée dans la capacité des conducteurs d'aller et de retour.

La soupape électrique que nous avons décrite tout à l'heure nous donne le moyen d'utiliser les courants ainsi transmis dans nos moteurs actuels, en les transformant d'abord en courants continus.

VIII. *Interrupteur pour courants alternatifs.* — Une application plus modeste, mais immédiate, a été faite de l'appareil précédent. Lorsqu'un alternateur dessert une ligne ayant de la capacité, il y a toujours une certaine quantité d'énergie qui est tantôt emmagasinée dans la ligne, tantôt dans l'alternateur, et s'échange constamment entre eux. Une ligne peut demeurer indéfiniment chargée, sans qu'aucun courant ne la traverse. L'interruption du courant dans une ligne ne déterminera donc pas la consommation immédiate de l'énergie qu'elle possède. Au contraire, l'énergie emmagasinée dans un alternateur, par suite de la self-induction de ses circuits d'armature, devra s'annuler avec l'intensité du courant. Si on vient à couper ces circuits, à un moment où cette intensité n'est pas nulle, l'énergie qu'ils auront emmagasinée se dégagera brusquement sous forme explosive. Il y a donc un intérêt majeur à n'employer que des interrupteurs coupant le circuit au moment précis où l'intensité du courant passe par zéro.

On constitue un semblable interrupteur avec l'exploseur de M. Cooper Hewitt auquel on donne la forme représentée figure 16. A l'état normal, les deux électrodes

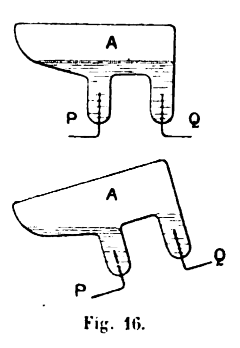


Fig. 16.

sont mises en court-circuit par le mercure. Pour interrompre le courant, on culbute l'ampoule de manière à rompre le court-circuit. Un arc s'amorce et le courant n'a que 14 volts à surmonter pour passer. Mais, dès que son intensité devient nulle, l'électrode qui devrait ensuite jouer le rôle de cathode recouvre toute sa répugnance et le courant ne peut se rétablir.

IX. *Résumé.* — Nous sommes heureux d'avoir pu appeler l'attention sur les travaux de M. Cooper Hewitt.

Il a montré que, contrairement à une opinion répandue, un tube à vide conduisait d'autant mieux le courant électrique que le vide y avait été poussé plus loin, une fois ce tube amorcé. C'est seulement l'amorçage qui devient de plus en plus difficile, lorsqu'on veut le déterminer avec une simple différence de potentiel et que le vide devient très grand. Mais on y arrive toujours avec la plus grande facilité en établissant un court-circuit momentané dans le tube. L'arc qui jaillit dans le tube au moment de la rupture du court-circuit, détermine toujours son amorçage quel que soit le degré de vide.

Enfin, M. Cooper Hewitt a découvert cette propriété nouvelle des cathodes qu'il a appelée *répugnance* et a donné les moyens de la surmonter.

Les tubes à vide paraissent, dès maintenant, appelés à rendre les plus grands services industriels. Non seulement, on peut faire avec eux des appareils d'éclairage intéressants, mais il est probable que, dans l'avenir, en suivant la voie ouverte par M. Hewitt, on pourra les appliquer à la production et à l'utilisation industrielles des courants de haute fréquence, avec lesquels il sera possible, nous l'espérons, de résoudre des problèmes nouveaux relatifs à la transmission de l'énergie qui ne sauraient l'être avec les moyens dont nous disposons aujourd'hui.

MAURICE LEBLANC.

SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS

AVEC

LES LIGNES A HAUTE TENSION

(SUITE [1].)

SURTENSION DANS LES LIGNES

M. Kovalef examine ensuite quelques cas d'augmentation de tension due à la capacité et à la self-induction dans les lignes.

Supposons un circuit présentant une certaine différence de potentiel U_m; si l'on introduit dans ce circuit une résistance ohmique et si l'on ferme le courant sur une bobine de grande self-induction L, la somme des tensions, mesurées aux bornes de ces deux résistances sera plus grande que la tension initiale U_m, fournie par la source M (fig. 1, *a*). On obtiendrait le même résultat si, au lieu d'une bobine, on plaçait dans le circuit un condensateur C (fig. 1, *b*). Si maintenant, dans le même circuit, on dispose en série un condensateur en même temps qu'une bobine d'induction, les tensions aux bornes de la

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, du 25 avril 1905, n° 320, p. 177.



bobine et entre les armatures du condensateur pourront être beaucoup plus grandes que celle de la source.

Analogies entre les pressions et les tensions. — Avant de répéter l'explication généralement admise de cette augmentation de tension, l'auteur se sert encore d'une méthode de comparaison. On sait qu'à chaque pendule

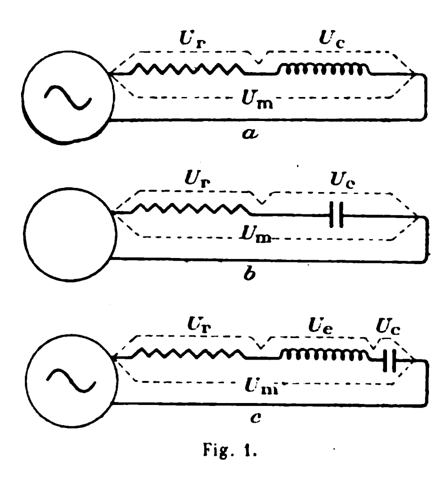


Fig. 1.

simple correspond une durée d'oscillation qui dépend de la masse de celui-ci, ainsi que de l'intensité de la pesanteur en ce lieu.

Si un tel pendule est soumis à une série d'impulsions en synchronisme avec ses oscillations, il va accumuler de l'énergie. Un appareil (fig. 2) construit par l'auteur,

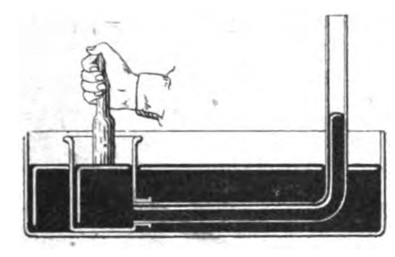


Fig. 2.

permet aussi de montrer l'analogie qui existe entre l'accroissement de pression et l'augmentatiou de tension dans un circuit alternatif. Cet appareil consiste en un vase de verre communiquant avec un tube recourbé. Le vase contient du mercure jusqu'à une hauteur O; l'ensemble est aussi entouré de mercure jusqu'à la même hauteur, de sorte que ni les parois du vase, ni le tube, ne vont éprouver de différence de pression, tant que le mercure dans l'appareil est en équilibre.

En agissant sur le piston, on peut produire un mouvement oscillant du mercure, et la hauteur de ses oscillations va mesurer non seulement la pression exercée sur les parois du vase, mais aussi la force, qui produit le mouvement du mercure dans le tube. Si le mouvement communiqué au piston est très lent, les oscillations du mercure dans le tube seront de même amplitude que celles du mercure dans le vase; à une certaine vitesse, assez grande du piston, le déplacement du mercure dans le tube sera presque inappréciable ; mais si celle-ci devient égale au nombre d'oscillations du mercure, sous la seule influence de son poids et de sa masse, l'amplitude des oscillations du mercure dans le tube va atteindre un maximum qui dépasse considérablement les oscillations du mercure dans le vase.

La combinaison d'une capacité avec une self-induction peut aussi être envisagée comme une sorte de pendule électrique. Supposons que, à un moment donné, le condensateur ait reçu d'une source quelconque une charge électrique. A partir de ce moment, le condensateur devient lui-même une source de f. é. m., et il va se produire un courant dans un certain sens.

Ce courant va produire dans la bobine de self-induction un champ magnétique correspondant. Mais, au fur et à mesure de l'affaiblissement de la charge du condensateur, l'intensité du courant va diminuer, ainsi que le champ magnétique de la bobine.

On sait que toute variation de lignes de force dans une bobine correspond à une f. é. m. dirigée dans le sens de l'affaiblissement du courant; ces lignes de forces vont pour ainsi dire renforcer le courant lequel, au lieu de disparaître au moment de la décharge du condensateur, va continuer pour charger le condensateur en sens inverse.

A partir de ce moment, le phénomène va être inversé : le courant produit par la f. é. m. du condensateur nouvellement chargé va, pour ainsi dire, recevoir une impulsion de la part du champ magnétique qui prend naissance dans la bobine; la diminution de ce champ au moment de la décharge du condensateur va prolonger le courant jusqu'à ce que le condensateur soit chargé de nouveau dans le sens initial, et ainsi de suite.

Une telle série de décharges oscillantes va continuer jusqu'à ce que l'énergie électrique nécessaire pour la charge initiale soit dépensée à vaincre les résistances ohmiques dans le circuit.

Résonance. — Si, outre le condensateur et la bobine, le circuit contient une f. é. m. alternative, dont la fréquence coïncide avec le nombre des oscillations du système, les oscillations électriques, croissant de plus en plus, vont atteindre une valeur supérieure aux impulsions relativement faibles, fournies par la source d'énergie.

Ce phénomène a reçu le nom de résonance électrique, par analogie avec un phénomène de même genre du domaine de l'acoustique. La durée T d'une oscillation complète dans un tel système dépend de la valeur de la self-induction, placée dans le circuit, et de la capacité du condensateur C

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{1 : C}}.$$

Rapprochons cette expression de la formule qui exprime la durée d'une oscillation complète du pendule :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{K}{Fa}}.$$

On voit que la self-induction correspond au moment d'inertie du pendule, tandis que la f. é. m. du condensateur, inversement proportionnelle à sa capacité, tient la place de la force, qui tend à ramener le pendule à sa position moyenne et qui est mesurée par le poids (F) du pendule et par la distance (a) de son centre de gravité au point de suspension.

Inertie et self-induction. — On peut pousser plus loin l'analogie entre les effets de l'inertie et de la self-induction; cette comparaison facilite remarquablement l'intelligence des courants alternatifs.

Une masse qui se déplace avec une vitesse uniforme ne manifeste en rien son inertie; mais il suffit que ce mouvement subisse une variation, et l'inertie se traduit par une force, qui s'oppose à la variation de vitesse et qui est proportionnelle à la variation de celle-ci, c'est-à-dire au coefficient différentiel de la fonction de temps, qui représente la valeur de cette vitesse.

La variation de la f. é. m. dans une bobine dont on fait varier le champ magnétique, obéit à la même loi. On sait, en effet, que la variation de l'intensité du champ produit à l'intérieur de la bobine une f. é. m. directement proportionnelle à la vitesse de cette variation, c'est-à-dire à son coefficient différentiel. Et, puisque dans le cas de la self-induction, le champ magnétique dépend de l'intensité du courant qui passe à chaque instant dans la bobine, il s'ensuit que cette f. é. m. va être mesurée par la variation du courant, ou encore par son coefficient différentiel.

On voit que la f. é. m. d'induction et la force d'inertie peuvent être exprimées par la même formule mathématique.

En dehors de cette analogie, il y a entre les deux phénomènes une différence essentielle.

L'inertie est en quelque sorte inhérente à la masse, tandis que la self-induction provient du champ magnétique en dehors du conducteur.

Une analogie du même genre existe encore entre un condensateur et un manomètre à mercure. On sait que la différence de potentiel entre les armatures d'un condensateur est proportionnelle à la quantité d'électricité dont il est chargé.

De même, la différence de pression du mercure ($H - h$) (fig. 3) est proportionnelle à la quantité de mercure qui

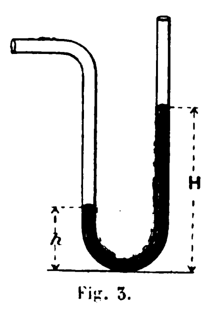


Fig. 3.

s'est déplacée dans le tube. Ces deux phénomènes sont donc encore soumis à la même loi.

Nous savons de plus que la quantité totale d'électricité qui passe par un conducteur est l'intégrale du courant, exactement comme la quantité de mercure est mesurée par l'intégrale de la vitesse du mercure dans le tube. Et l'on voit encore que, dans les deux exemples, la pression électrique dans le condensateur, c'est-à-dire la tension et la pression du mercure dans le tube barométrique, sont proportionnelles aux grandeurs de même nature : l'intensité du courant et la vitesse du mercure.

L'auteur passe ensuite aux mouvements harmoniques.

On sait que, dans ces mouvements, la vitesse varie proportionnellement au sinus de l'angle de l'accroissement de la variable, elle est donc représentée par la formule :

$$y = a \sin bx.$$

On rencontre souvent les mouvements de ce genre dans la nature ainsi qu'en mécanique.

Le piston d'une machine à vapeur par exemple a un mouvement qui se rapproche beaucoup de cette loi. Ce mouvement est caractérisé, non seulement par la vitesse qui varie comme le sinus d'un certain angle, mais par l'accélération ou le coefficient différentiel de la vitesse, dont les variations correspondent au sinus d'un autre angle. De plus, le chemin total parcouru sous l'inflence de ce mouvement varié, c'est-à-dire l'intégrale de cette fonction varie aussi d'après la même loi, ou comme le sinus d'un troisième angle. On sait en effet que :

$$\frac{d \sin x}{dx} = \cos x.$$

$$\int \sin x \, dx = -\cos x + \text{constante}.$$

Après avoir ainsi envisagé l'inertie et l'induction du manomètre et de la capacité au point de vue de la valeur de la résistance que ces facteurs présentent au mouvement, l'auteur se propose d'étudier les mêmes phénomènes, en se plaçant, pour ainsi dire, au point de vue des forces du système donné, agissant dans la même direction. Il faut évidemment pour cela changer les signes dans les formules précédentes :

$$-\frac{d \sin x}{dx} = -\cos x = \sin (90^\circ - x) = \sin (x - 90^\circ),$$

$$-\int \sin x \, dx = \cos x = \sin (90^\circ - x) = \sin (x + 90^\circ).$$

Il suit de là que si la vitesse du mouvement est harmonique, c'est-à-dire si elle varie proportionnellement au sinus d'un angle croissant régulièrement, la force de l'inertie et de self-induction va aussi être harmonique et proportionnelle au sinus d'un angle en retard de 90° par rapport au premier, tandis que la pression du mercure et la tension du condensateur seront proportionnelles au sinus de l'angle en avant de 90°. Il ne s'agit ici, bien entendu, que de relations purement numériques; il n'est pas tenu compte du paradoxe apparent que l'effet, c'est-à-dire la pression du mercure est proportionnelle à l'angle qui devance le mouvement, c'est-à-dire à la cause.

Il est cependant plus juste de dire que cette pression

est retardée de 270° par rapport au mouvement qui l'a produit.

Revenons à l'appareil de la figure 2. Nous allons d'abord supposer que la résistance présentée au mouvement du mercure dans le tube par le frottement est proportionnelle à la vitesse de ce mouvement, que nous allons supposer harmonique et faisant p oscillations complètes par seconde.

Divisons la durée T secondes $\left(=\frac{1}{p}\text{ secondes}\right)$ en 360 temps τ; on aura alors pour chaque durée

$$\tau = \frac{1}{360\,p}\text{ secondes.}$$

Par la hauteur moyenne du mercure dans le tube (fig. 4), menons une ligne $x_1 x$, et d'un point quelconque O

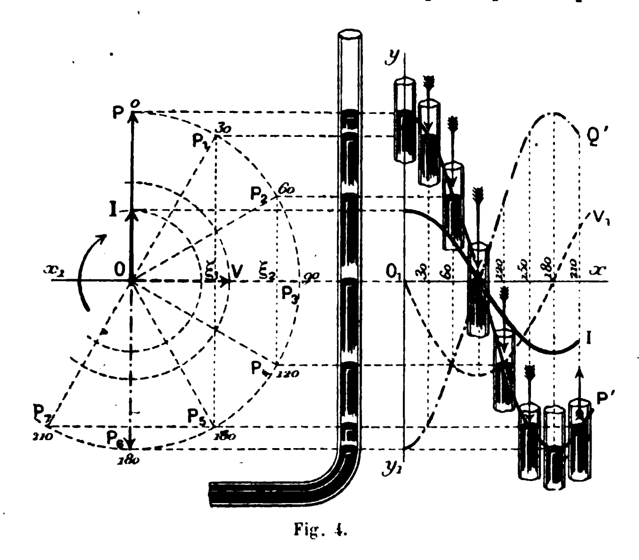


Fig. 4.

de cette ligne, décrivons une circonférence avec un rayon égal à l'amplitude du mercure dans le tube. C'est sur cette circonférence P_0, P_1, P_2, P_3..., que se représentent les temps τ. La courbe P', tracée sur l'abscisse $O_1 x$ représente à chaque instant la position du mercure dans le tube. Il suffit pour faire cette construction de porter aux points correspondants des ordonnées égales aux perpendiculaires $P_1\xi_1$, $P_2\xi_2$, etc.; ou les projections du vecteur OP sur l'axe des ordonnées O_1y.

On sait que la vitesse maximum d'un mouvement oscillatoire correspond au milieu de l'amplitude; dans notre figure, ce maximum a lieu au moment 90 τ et 270 τ; le minimum de vitesse correspond aux points de changement de sens (0 τ et 180 τ).

La grandeur respective et la direction de la vitesse du mouvement du mercure dans le tube sont représentées à droite de la figure par des flèches.

Afin de construire la courbe de vitesse par rapport aux axes des ordonnées Ox et Oy, il faut supposer du centre O un vecteur OV, en avant du vecteur OP de 90°, et égal en grandeur au maximum de la courbe V, dans l'échelle admise. En faisant tourner ces deux vecteurs, décalés l'un par rapport à l'autre de 90° et en cherchant leurs projections sur les axes des y, nous allons obtenir le rapport des coordonnées pour un instant quelconque.

Passons à l'effet que produit l'inertie du mercure en mouvement. L'effet maximum va évidemment correspondre aux positions critiques du mouvement (0 τ et 180 τ). Au moment de la vitesse maximum la force d'inertie va passer par 0. Le plus grand choc dû à l'inertie et dirigé de bas en haut va avoir lieu au moment précis où le mercure, après avoir atteint le maximum de sa course va commencer à descendre (90 τ). Ainsi la courbe, qui représente la force d'inertie, va être en phase avec P_0 P_1 P_2 P_3 c'est-à-dire le chemin parcouru et le vecteur OI va coïncider en direction avec le vecteur P, différant en intensité, selon la force d'inertie dans notre appareil. Il nous reste à examiner l'influence de la pression du mercure dans le manomètre.

Le maximum de pression de haut en bas va correspondre à la position du mercure dans la partie supérieure du tube, et en sens inverse lorsque le mercure va descendre le plus bas. Au point intermédiaire entre ces deux positions correspond une pression nulle.

La courbe qui représente l'action de la pression va présenter sa convexité de l'autre côté de la courbe qui correspond à la position du mercure; pour l'obtenir il faudra faire la projection de OD sur les axes des y.

Ainsi dans le système considéré, outre la force variable harmonique appliquée au piston, nous en trouvons encore deux autres qui causent à leur tour une action sur le mouvement du mercure, à savoir : la force d'inertie et celle de la pression du mercure. Le point remarquable est que l'une de ces forces est en avant tandis que l'autre est en retard d'un quart de période, par rapport à la courbe qui représente la vitesse du mouvement du mercure, c'est-à-dire une grandeur en quelque sorte analogue au courant électrique. Toutes ces forces donnent une résultante qui est en phase avec la vitesse. En réalité une telle résultante n'existe pas; il faut considérer à chaque instant la somme algébrique de toutes les forces variables, qui agissent sur le système. Il en est de même des vecteurs, qui doivent être remplacés par des forces proportionnelles aux projections de ces vecteurs.

On sait que la somme algébrique de deux vecteurs est égale à la projection de la diagonale du parallélogramme, construit sur ces forces, cette diagonale sera donc le vecteur de cette force variable imaginaire.

En utilisant cette propriété on pourrait trouver pour le cas qui nous occupe la seconde composante, qui correspond à la force extérieure qui, combinée aux forces considérées, donnerait une somme, en phase avec la vitesse du mouvement du mercure. Dans le cas présent cette force varie suivant une loi, qui dépend des frottements du mercure contre les parois du tube.

Tout ce qui a été dit au sujet de l'action de l'inertie et de la pression du mercure, peut être appliqué à la self-induction et à la capacité placées en série dans un circuit (fig. 1, *d*).

(*A suivre*). C. D. Koubitzki.



EXPOSITION ANNUELLE

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

(SUITE [1])

Interrupteur à mercure automoteur (système Gaiffe). — Le nouvel interrupteur Gaiffe, adaptable à toutes les bobines et aux sources à courant continu de toutes tensions, est représenté fermé (fig. 1). C'est un interrupteur à mercure genre turbine ayant la particularité de ne nécessiter aucun moteur indépendant, ce qui le rend plus simple, plus robuste et a permis d'abaisser considérablement le prix de cet appareil, tout en lui

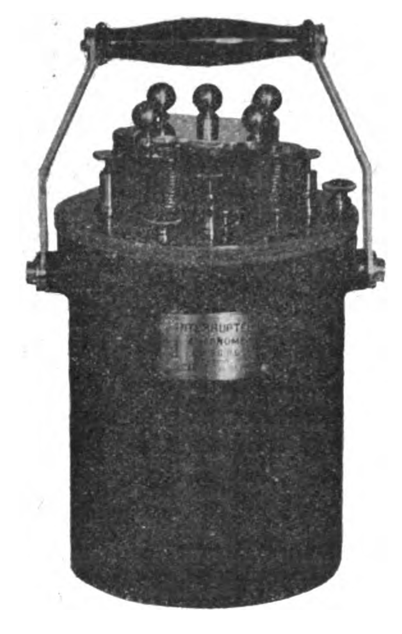


Fig. 1. — Interrupteur Gaiffe fermé.

donnant régularité de marche, souplesse de réglage et et sécurité de fonctionnement.

L'*interrupteur* est du genre turbine à jet de mercure tournant. Une pièce de fer *d* (fig. 2 et 3) de forme conique plonge dans le mercure; elle est percée d'un canal oblique par rapport à l'axe qui est placé de telle façon que, dans son mouvement de rotation, il engendre un hyperboloïde de révolution, cette disposition ayant pour avantage de faciliter l'ascension du mercure. Lorsque *d* tourne, la force centrifuge agit sur le mercure, qui jaillit par l'orifice O. Une couronne métallique *c* (fig. 3), isolée du reste de l'appareil, supporte des dents de cuivre rouge *a* de largeur convenable (fig. 2 et 3) sur lesquelles, pendant sa rotation, le jet de mercure vient fermer, puis ouvrir le circuit.

Le récipient de fonte de l'interrupteur présente des

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 321, p. 201.

ailettes destinées à empêcher le mouvement de rotation du liquide, la partie horizontale du profil de ces ailettes servant de repère pour indiquer le niveau supérieur du mercure (fig. 3). La rupture s'effectue dans l'alcool [1], l'emploi du pétrole étant rejeté à cause de la formation très rapide d'une émulsion qui gêne la marche de l'interrupteur. La quantité de mercure nécessaire est d'environ 400 cm³, soit 5,5 kg.

L'accouplement direct, tant électrique que mécanique, du moteur avec l'interrupteur constitue l'originalité de l'appareil. Le moteur est du type à attraction magnétique dans lequel l'enroulement est fixe et l'armature mobile. l^1 l^2 sont les électros du moteur, P est l'armature qui porte les rochets p^1 p^2 (fig. 3).

Le nombre des pôles du moteur est égal au nombre de dents de la couronne C, et on cale l'armature P de telle façon que, lorsque le jet de mercure rencontre l'une des dents *e*, on soit précisément dans la position où il y ait

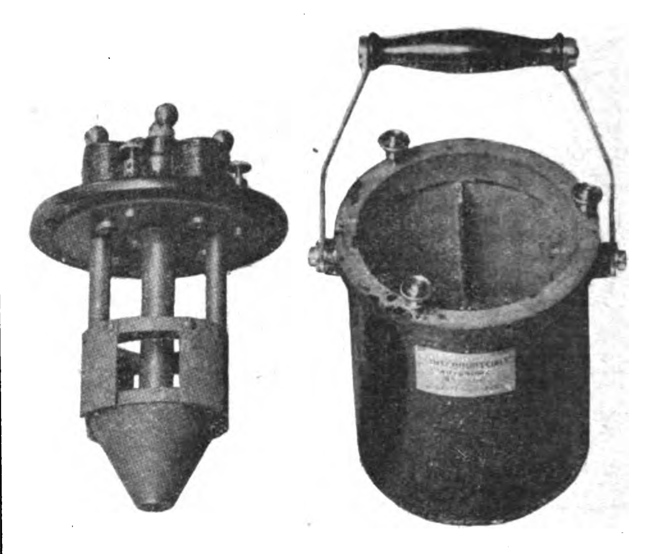


Fig. 2. — Interrupteur Gaiffe démonté.

attraction, la rupture s'effectuant un peu avant que les palettes ne soient complètement en prise sur les électros.

Comme l'enroulement des électros est en série avec l'inducteur de la bobine, il suffit de donner avec le doigt une vive impulsion à l'armature mobile pour amorcer le jet de mercure; le courant traverse alors la bobine, l'enroulement moteur, et l'interrupteur continue à tourner de lui-même.

Pour régler la fréquence des interruptions, on peut agir soit sur le rhéostat relié en tension avec la bobine, soit sur un rhéostat placé en dérivation sur l'enroulement moteur. Ce dernier rhéostat sert de shunt, de telle sorte que le circuit moteur n'est traversé que par une partie seulement du courant alimentant la bobine.

Le schéma de montage d'une bobine avec cet interrupteur est représenté figure 3. Le courant provenant de la source traverse un rhéostat série, arrive à la borne S

(1) Alcool dénaturé à 90° qui doit remplir le vase jusqu'au niveau indiqué figure 3.

de l'interrupteur, traverse l'enroulement moteur, vient à la borne C qui est reliée à la masse de l'appareil et, par suite, au mercure. Le courant passe alors par la dent a, la couronne C et la troisième borne E de l'interrupteur; de là, il traverse la bobine et revient à la source.

Les condensateurs de l'interrupteur se branchent en C et E. Si on utilise le réglage par rhéostat de dérivation, il faudra le relier aux bornes C et S.

L'interrupteur automoteur est susceptible de marcher à toutes les tensions sans changer autre chose que la largeur des dents a, largeur qui règle le temps de passage du courant.

Comme l'interrupteur automoteur est capable de fonctionner sur un petit nombre d'accumulateurs, 6 à 15, il peut très bien être utilisé comme interrupteur transportable, au même titre que le rupteur atonique. A cet effet,

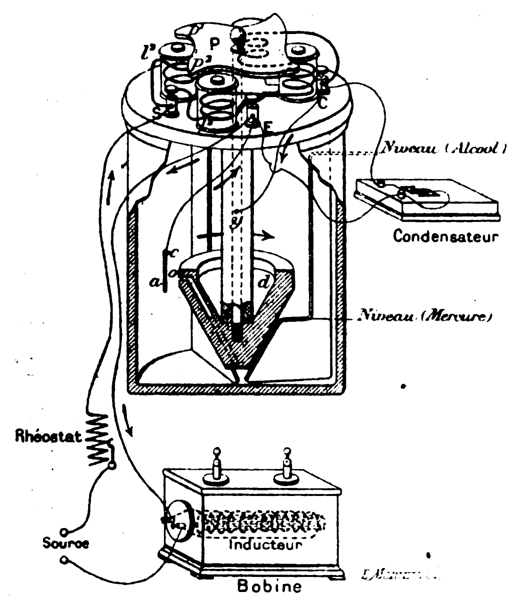


Fig. 3. — Schéma de montage de l'interrupteur Gaiffe.

on l'a même muni d'une poignée rendant son transport facile (fig. 1 et 2).

L'interrupteur à mercure peut se monter très facilement sur toutes installations existantes; il suffira simplement de réaliser les connections représentées figure 3.

Pour les bobines fonctionnant sur interrupteur à platine, et en particulier pour les bobines transportables, il sera possible de se servir de l'interrupteur à mercure si l'on veut, pour des applications prolongées, éviter l'usure du platine.

Il sera d'ailleurs très facile de revenir au montage primitif si l'on veut faire un traitement en ville, et utiliser à cet effet le rupteur qui, au point de vue transport, aura toujours sur l'interrupteur à mercure, l'avantage de la légèreté.

L'entretien de l'interrupteur à mercure est presque nul; aucune pièce ne s'use ni ne se détériore puisqu'il n'existe aucun contact par frottement, ni bague, ni collecteur. Le mercure aura simplement besoin, de temps en temps, d'être filtré, et encore cette opération ne se fera-t-elle qu'à de très longs intervalles. D'ailleurs il suffit pour vérifier l'état de l'interrupteur, de desserrer les trois écrous qui tiennent le couvercle, ce qui permet de sortir l'appareil de son vase.

En résumé, le nouvel interrupteur automoteur, fonctionnant avec toutes les bobines et sous toutes les tensions, présente à la fois un fonctionnement électrique et mécanique parfaits, une grande robustesse, et exige un entretien presque nul.

(*A suivre.*) A. Z.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

L'incendie des bureaux téléphoniques. — Les incendies qui se sont récemment déclarés dans plusieurs bureaux téléphoniques centraux ont permis de se demander si on a pris assez de précautions pour protéger non seulement les bureaux eux-mêmes mais aussi les abonnés contre le danger possible de la présence de courants de trop haute tension sur les lignes.

Il paraît découler de l'enquête préliminaire faite par le coroner de la cité après l'incendie du Bank Exchange, que le feu se déclara par suite du contact accidentel entre une ligne téléphonique, qui traverse le tunnel du District Railway et le câble amenant le courant au rail conducteur du chemin de fer électrique.

Selon le rapport l'armature en plomb du câble s'est tout d'abord mise en contact avec le conducteur, un arc s'est produit, l'armature en plomb fut fondue, et les fils ont touché au rail. Les fils de téléphone, prévus pour supporter seulement une tension de 22 ou 24 volts, ont reçu le courant à 600 volts du rail. Ce courant fut amené à la rosace du Bank Exchange et un incendie éclata en divers endroits.

De tout cela il paraît résulter que c'était le contact des conducteurs téléphoniques et non pas de l'armature en plomb avec le rail, qui a causé l'incendie.

Il est impossible de dire de quelle manière l'incendie s'est propagé, car toute trace de son origine a naturellement disparu, mais on peut faire là dessus des hypothèses.

L'armature en plomb d'un fil téléphonique prend contact avec le câble principal d'un système à 500 volts, qui peut être ou le conducteur de prise de courant d'un chemin de fer électrique ou le conducteur extérieur des câbles principaux d'une distribution quelconque d'énergie électrique.

Dans un des cas l'armature en plomb se trouvera portée à une tension de 500 volts au-dessus du potentiel de la terre, et dans l'autre, à une tension de 250 volts au-dessus ou au-dessous du potentiel de la terre. Dans les deux cas une grande quantité d'énergie peut être mise en jeu dans le court-circuit.

Un arc se produit, et un courant circule le long de l'armature. Ce courant cherche, naturellement, à retrouver son chemin vers la terre, et par là à la station de centrale.

On comprend qu'il est important de déterminer le point où l'armature est en bon contact avec la terre.

Les dangers qui résultent du contact entre les lignes téléphoniques elles-mêmes, et un conducteur de transport d'énergie, ne consistent pas seulement à causer des dommages directs à l'un et à l'autre, mais peuvent provoquer aussi un échauffement résultant d'un courant excessif.

Dans un bureau central téléphonique moderne, qui fonctionne avec le système à batterie centrale, chaque ligne est munie d'une résistance de sûreté qui doit limiter le courant à une valeur définie quand il y a un court-circuit sur la batterie; et un plomb fusible pour rompre le circuit.

Mais la résistance de sûreté est calculée pour 30 volts, soit pour la tension de la batterie centrale, et ni la résistance, ni le coupe-circuit ne supporteraient un court-circuit à 500 volts. Quelques-uns de ces fusibles sont enfermés dans de petits tuyaux de la forme de ceux employés pour les coupe-circuits des réseaux de lumière électrique. Mais on ne les emploierait jamais sur les circuits d'éclairage ou de force motrice, car, il se produirait très certainement un arc entre les plots. Tel est le danger auquel on est exposé dans un bureau téléphonique central et s'il s'y produisait un arc à 500 volts, il est presque certain que cet arc toucherait aux lignes voisines. Comme on le devine le danger n'est pas limité seulement aux téléphones. Les lignes d'un consommateur peuvent occasionner la formation d'un arc dans l'appareil téléphonique et amener un incendie.

De tels incendies ne sont pas rares, car on a eu souvent à déplorer la chute des fils téléphoniques sur les fils du trolley d'un tramway électrique. Quelques Compagnies d'assurance demandent même maintenant qu'un coupe-circuit de sûreté soit installé dans la maison de l'abonné.

Une nouvelle Société d'ingénieurs. — Depuis longtemps les ingénieurs électriciens employés par l'Administration des postes ont pensé qu'en présence des grands développements de la télégraphie et de la téléphonie et devant l'augmentation des responsabilités qui en résultaient pour eux, il y avait lieu de former une association qui leur permette, par l'échange rapide de leurs opinions sur toutes les affaires pouvant les intéresser, de prendre part aux progrès de leur profession et de se maintenir en rapport les uns avec les autres. Mais jusqu'à présent il n'avait pas été possible de traiter cette affaire avec satisfaction, à cause du peu de temps de loisir dont disposaient les employés, cela par suite du surcroît de travail nécessité par l'établissement du réseau téléphonique postal à Londres. Aujourd'hui c'est un fait accompli, et une réunion s'est tenue dernièrement à Londres pour arriver à une décision. Cette réunion comprit plus de cent ingénieurs. Le titre adopté par cette Société est *The Society of Post Office Engineers*. On pense que par la publication de communications et de travaux cette Société peut dès maintenant fonctionner matériellement.

C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 25 avril 1905.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 1er mai 1905.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 8 mai 1905.

Sur la résistance des fils métalliques pour les courants électriques de haute fréquence. — Note de MM. André Broca et Turchini, présentée par M. Poincaré. — On calcule habituellement la résistance d'un fil métallique à section circulaire pour des courants alternatifs en appliquant la formule bien connue de lord Kelvin. Nous avons cherché à soumettre celle-ci au contrôle de l'expérience en employant des décharges de condensateurs dont la fréquence a varié de 142 000 à 3 800 000 à la seconde.

Nous mesurons à chaque instant l'intensité efficace I_F du courant de haute fréquence par la déviation θ de l'électrodynamomètre que nous avons déjà décrit (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 1644) et l'échauffement Q produit par le même courant dans le fil en expérience. Nous déterminons ensuite la déviation θ_1 de l'électrodynamomètre pour le courant continu I_c qui produit le même échauffement Q du fil. Nous avons alors :

$$\theta = aI_F^2, \qquad \theta_1 = aI_c^2, \qquad Q = bR_f \cdot I_F^2 = bR_cI_c^2,$$

a et b étant les constantes des instruments, R_f et R_c les résistances du fil respectivement pour les courants de haute fréquence et les courants continus.

On déduit de là :

$$\frac{\theta_1}{\theta} = \frac{I_c^2}{I_F^2} = \frac{R_f}{R_c}.$$

La mesure des deux élongations θ_1 et θ de l'électrodynamomètre permet donc de déterminer le rapport des résistances du fil dans les deux conditions de l'expérience, et de comparer ce rapport au rapport calculé par lord Kelvin.



Pour mesurer l'échauffement Q, nous avons utilisé deux types de calorimètres qui ont donné les mêmes résultats. L'un est un thermomètre de Leslie composé de deux tubes de 80 cm de long dans l'un desquels est le fil parcouru par le courant. On mesure la dilatation de l'air par le déplacement d'un index de toluène horizontal: le courant passe à chaque expérience pendant 1 minute, au bout de laquelle on lit le déplacement de l'index.

Un second calorimètre se compose simplement d'un fil fixé à ses deux extrémités, dont on mesure au microscope la variation de flèche.

Ces deux appareils doivent être placés dans un conducteur creux, mis en communication par un point avec le circuit. Sans cette précaution, le gaz du premier subit des modifications chimiques ou un échauffement direct par l'effluve électrique et le fil du second subit des attractions électrostatiques, ce qui fausse les mesures dans les deux cas.

Les deux appareils donnent, avec le même fil, les mêmes résultats, à très peu près, indiquant par cela même que le déplacement électrique dans l'air qui entoure le fil produit un échauffement négligeable quand il n'y a pas d'effluve.

Les capacités sont formées de bouteilles en verre. Nous avons indiqué dans une note précédente (t. CXL, p. 780) comment nous pouvions mesurer convenablement les capacités de ces bouteilles pour les fréquences employées. La self-induction est calculée comme dans le cas de l'excitateur de Blondlot, au moyen de la formule de M. Poincaré.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Pour les métaux non magnétiques (cuivre et platine) les écarts avec la loi calculée par lord Kelvin sont peu considérables dans le cas des fréquences modérées. Cependant ils sont supérieurs aux erreurs d'expériences et suivent une loi parfaitement déterminée.

Lord Kelvin a défini la variable en fonction de laquelle il calcule le rapport des résistances par l'expression

$$x = \rho\sqrt{4\pi c\omega\mu},$$

lorsque μ est la perméabilité magnétique du métal, c sa conductibilité électrique en unités électromagnétiques C.G.S. et $\omega = \frac{2\pi}{T}$, T étant la période du courant; dans le cas actuel, $\mu = 1$. Pour les valeurs inférieures à 8 de la variable, l'échauffement est plus grand que ne le veut la formule; pour les valeurs supérieures à 8, il est plus petit.

Voici les nombres obtenus avec un fil de cuivre de 0,59 mm :

x.	$\frac{R_f}{R_c}$ mesuré.	$\frac{R_f}{R_c}$ calculé.
2,7	1,40	1,2
3,2	1,55	1,4
4,5	2,15	1,82
5,8	2,65	2,3
7,0	3,1	2,75
11,2	5,3	4,35

Avec le platine nous n'avons pu obtenir des fréquences assez grandes pour arriver aux très hautes valeurs de la variable x, mais nous avons eu pour la valeur $x = 2,5$, qui correspond à la fréquence de $1,42 \cdot 10^6$ par seconde, le même rapport 1,15 que pour le cuivre entre les nombres mesurés et calculés. Avec un fil de cuivre de 0,15 mm de diamètre, nous avons vérifié le même fait. Le rapport entre les nombres calculés et mesurés est, aux erreurs d'expérience près, une fonction de la variable de lord Kelvin.

Pour le fer, les résultats n'ont plus rien de commun avec la formule. Les nombres mesurés dépendent essentiellement, comme on devait d'ailleurs s'y attendre, de l'intensité du courant dans les limites où nous avons opéré.

Dans le cas du fer, l'échauffement est beaucoup moindre que celui qui correspondrait à sa perméabilité habituelle avant saturation. Celle qu'il faudrait mettre dans la formule qui donne x, pour rendre compte des chiffres mesurés, serait aux environs de 100. D'autres auteurs ont déjà fait des estimations analogues pour les fréquences qui nous occupent.

Le maillechort montre des effets analogues à ceux du fer, mais beaucoup moins marqués. Sa résistance est une fonction de l'intensité, elle est d'autant moindre que l'intensité est plus forte, mais cet effet est très faible. Il est de l'ordre de nos erreurs d'expérience, mais la répétition des mesures nous permet de penser que, quand l'intensité efficace passe de 1 à 1,4 ampère dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, la résistance d'un fil de maillechort de 0,59 mm diminue de 5 pour 100. D'ailleurs, si l'on prend la moyenne des chiffres obtenus, les déterminations relatives au maillechort se rangent à peu près sur la même courbe que ceux du fil de platine.

Les erreurs maxima de nos expériences sont de 1/20. Les nombres que nous publions sont des moyennes d'expériences nombreuses, on voit donc que les écarts que nous signalons entre la formule et l'expérience sont notablement plus importants que les erreurs de cette dernière. La raison théorique de ces écarts dans le cas des métaux non magnétiques reste à discuter.

Réduction électrolytique des acides nitrocinnamiques. — Note de M. C. Marie, présentée par M. H. Moissan. (*Extrait.*) — Dans une note récente (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 1331) j'ai montré que l'hydrogène se fixait avec une grande facilité par électrolyse en présence de mercure sur la double liaison des acides incomplets comme l'acide cinnamique, l'acide aconitique, etc., pour donner les acides saturés correspondants. Dans cette note j'étudierai comment se comportent à ce point de vue les acides méta et paranitrocinnamiques qui offrent à la fois leur groupe nitré et leur double liaison à l'action réductrice ou hydrogénante du courant....

En résumé, les acides méta et paranitrocinnamique donnent, par électrolyse en solution alcaline, les acides azoxy correspondants. La position du groupe nitro ou amino a une influence très nette sur la facilité d'hydrogénation de la chaîne latérale. Les dérivés para donnent beaucoup plus facilement que les dérivés méta les corps correspondants de la série hydrocinnamique.

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

École d'électricité et de mécanique industrielles. — Cette Société a été établie sous forme anonyme le 13 avril 1905.

Elle a pour objet : la direction et l'exploitation d'une École d'enseignement théorique et pratique, devant former des ingénieurs électriciens et mécaniciens, des ingénieurs pour la construction d'automobiles, des contremaîtres, des chefs d'ateliers et de chantiers, la préparation des élèves à l'École supérieure d'électricité et aux Écoles des arts et métiers, et enfin, toutes opérations découlant ou se rattachant directement ou indirectement à celles ci-dessus énoncées.

Le siège de la Société est établi à Paris, 50, rue Violet. Il pourra être transféré dans tout autre endroit de la même ville, par décision du Conseil d'administration, et partout ailleurs, en vertu d'une décision de l'Assemblée générale.

La durée de la Société prendra fin le 3 août 1933.

M. Chuvin fait apport à la Société de ses connaissances et aptitudes spéciales et de la propriété de l'École actuellement créée et exploitée par M. Chuvin, et tous les accessoires, tels que matériel, agencement, installation, tables, literies, fournitures scolaires, livres, appareils, laboratoire et machines lui appartenant.

En représentation et pour prix de cet apport, il est attribué à M. Chuvin, deux cent trente actions entièrement libérées de la présente Société.

Le fonds social a été porté à 175 000 fr, divisé en 1750 actions de 100 fr chacune.

Sur ces actions, 230 appartiennent à M. Chuvin pour ses apports et les 1520 autres ont été souscrites en espèces et sont entièrement libérées.

Le capital social pourra être augmenté sur la proposition du Conseil d'administration, en une ou plusieurs fois, mais avec l'autorisation de l'Assemblée générale des actionnaires. Par dérogation à la disposition qui précède, le Conseil d'administration est, dès à présent, autorisé à porter le capital social à 500 000 fr par une augmentation de 325 000 fr.

L'augmentation du capital pourra avoir lieu pour la totalité ou pour partie en numéraire, soit également pour la totalité ou pour partie au moyen d'apports en nature que l'Assemblée générale accepterait.

La Société est administrée par un Conseil composé de trois membres au moins et de onze au plus, nommés par l'Assemblée générale. Chaque administrateur doit être propriétaire de 100 actions nominatives et inaliénables pendant la durée de ses fonctions. Si le capital est augmenté, l'Assemblée générale des actionnaires peut élever le nombre des actions que chaque administrateur est tenu d'affecter à la garantie des actes de la gestion.

La durée des fonctions des administrateurs est de six ans. A l'expiration de cette période, le Conseil se renouvellera en entier. Les nouveaux administrateurs seront également nommés pour six ans; toutefois le Conseil se renouvellera partiellement chaque année par un roulement établi selon le nombre des administrateurs.

Le Conseil d'administration est investi des pouvoirs les plus étendus pour la gestion et l'administration de la Société.

La rétribution du Conseil consiste dans une allocation à titre de jetons de présence, dont l'importance est déterminée, chaque année, par l'Assemblée générale, et dont la répartition est faite par le Conseil entre ses membres, dans les proportions déterminées par lui. En outre de cette allocation, les administrateurs ont droit à la participation bénéficiaire fixée aux statuts.

L'Assemblée générale annuelle doit se réunir dans le premier trimestre qui suit la fin de l'exercice. Tout propriétaire d'une action est de droit membre des Assemblées générales ordinaires ou extraordinaires. L'Assemblée pourra toujours élever le nombre d'actions qu'il sera nécessaire de posséder pour prendre part et voter aux assemblées générales.

Les convocations aux Assemblées sont faites par le Conseil au moyen d'un avis inséré quinze jours au moins avant l'époque de la réunion, dans un journal d'annonces légales. Ce délai peut être réduit à dix jours dans le cas d'une seconde convocation. Le délai de la convocation aux Assemblées extraordinaires sera de dix jours.

L'année sociale commence le 1[er] août et finit le 31 juillet. Le premier exercice comprendra le temps à courir entre la date de la constitution et le 31 juillet 1906.

Il est établi, chaque année un inventaire contenant l'indication de l'actif et du passif de la Société.

L'inventaire, le bilan et le Compte de profits et pertes sont mis à la disposition du commissaire le quarantième jour au plus tard avant l'Assemblée.

Après déduction des frais généraux, charges sociales, qui comprendront l'intérêt au taux de 5 pour 100 l'an, payables les 15 mai et 15 novembre de chaque année, du montant libéré des actions, amortissement, dépréciation des valeurs actives de la Société et des sommes affectées annuellement au remboursement des emprunts que la Société aurait contractés, le surplus constitue les bénéfices.

Sur ces bénéfices, il est prélevé 5 pour 100 pour la réserve légale. Sur le surplus il est attribué :

1° 10 pour 100 au Conseil d'administration;

2° 5 pour 100 au directeur;

3° 5 pour 100 au personnel de la Société, répartition faite par le Conseil, sans que ses décisions du chef de cette répartition, puissent être l'objet d'un recours;

4° 80 pour 100 aux actionnaires.

Avant d'autoriser la distribution du dividende revenant aux actionnaires, l'Assemblée générale pourra décider le prélèvement de telle somme qu'elle déterminera pour la constitution d'un fonds de réserve extraordinaire ou d'un fonds spécial d'amortissement du capital social.

A l'expiration de la Société, de même qu'en cas de dissolution anticipée, l'Assemblée générale, sur la proposition du Conseil d'administration, règle le mode de liquidation et nomme un ou plusieurs liquidateurs.

Elle autorise les liquidateurs à faire apport ou transport à une autre Société, des droits, actions et obligations de la Société, et à recevoir, en représentation de cet apport ou transport, des espèces, obligations, actions ou parts de fondateur.

Pendant toute la durée de la liquidation, les pouvoirs de l'Assemblée générale continueront : elle a notamment le droit d'approuver les comptes de la liquidation et d'en donner quitus.

Le premier Conseil d'administration est composé de M. Charles Chuvin, directeur général de l'École d'électricité et de mécanique industrielles, 50, rue Violet, à Paris; M. Léopold Richard, directeur de l'École des Tuileries, 6, rue du 29-Juillet; et M. Georges Lorsay, expert comptable, 48, avenue Bosquet.

Téléphones de l'Industrie électrique :

RÉDACTION : N[os] **812-89.**
ADMINISTRATION : N[os] **704-44.**

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

35 209. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

14e Année. — N° 323. **10 Juin 1905.**

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Exposition universelle et internationale de Liège. — Congrès de radiologie et d'ionisation. — Le premier Congrès international pour l'étude de la radiologie et de l'ionisation, organisé sous le patronage du Gouvernement belge et placé sous la présidence d'honneur de MM. de Trooz, ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique; Francotte, ministre de l'Industrie et du travail; baron van der Bruggen, ministre de l'Agriculture, se tiendra à Liège, du 12 au 14 septembre prochain, inclusivement.

Ce Congrès comportera deux sections, consacrées respectivement aux sciences physiques et biologiques. Les travaux de la première porteront sur les questions suivantes.

a. La *physique des électrons*, comprenant les radiations de diverses natures.

b. La *radioactivité* et les transformations correspondantes. Étude de l'activité des eaux et du sol, ainsi que des gisements radioactifs. (Les présentes spécifications sont indicatives et non limitatives; le programme embrasse, en effet, l'étude de toutes les questions se rattachant à la radioactivité.)

c. Phénomènes météorologiques et astronomiques imputables à l'ionisation, à la radioactivité et aux rayonnements divers.

Une Commission, composée de physiciens d'une compétence toute spéciale et placée sous la présidence effective de M. Henri Becquerel, membre de l'Institut, apportera son concours au Comité organisateur pour l'examen et le classement des rapports, mémoires, etc., qui seront adressés.

Il est recommandé aux auteurs de communiquer au dit Comité, *dans le plus bref délai*, le titre des travaux destinés au Congrès. La langue anglaise est admise.

Au Congrès sera annexée une exposition spéciale d'appareils se rattachant à l'objet de ses travaux.

La cotisation est fixée à vingt francs et donne droit à l'intégralité des publications qui paraîtront, tant avant le Congrès qu'après la session. Les femmes des congressistes, ainsi que leurs enfants non mariés, peuvent s'inscrire comme associés et payer une cotisation réduite à 10 fr, la même faculté est réservée aux étudiants.

Sur présentation de leur carte de membre, les adhérents entreront gratuitement à l'Exposition de Liège.

Prière d'adresser les demandes de renseignements, adhésions, communications, etc., à M. l'ingénieur-docteur J. Daniel, secrétaire général du Comité organisateur, rue de la Prévôté, 1 (Bruxelles).

L'éclairage électrique de la Section française à l'Exposition de Liège. — « *Charbonnier maître chez lui* » : Telle a été la devise des électriciens français à l'Exposition universelle de Liège, et il ne semble pas que jamais exposition ait laissé l'orgueil bourgeois du charbonnier plus libre de manifester son fiévreux besoin de distinguer *sa maison* par une recherche de couleur locale et de personnelle autorité. Le tout est de savoir si le charbonnier a été bien inspiré en s'isolant du reste du monde, en fermant sa porte à tout concours et à tout secours étranger, en repoussant dédaigneusement *les lumières* et jusqu'à *la lumière* de l'étranger.

On sait que l'Administration belge alimente par courant continu une étendue de 114000 m², comprenant toutes les sections étrangères, et devant comprendre au début l'enclave française, d'une étendue de 16000 m² environ [1]. L'Administration allait desservir la surface totale de 130000 m² par les mailles serrées d'un réseau à 3 fils (2 . 220 volts) et dans certains cas (2 . 110 volts) à la volonté des exposants. La section française a voulu que son courant fût français, et, ce qui est plus grave, *alternatif*, car elle constate maintenant qu'il l'est dans toutes les acceptions du mot.

Quand ses alternateurs, quand ses lignes, quand ses transformateurs seront-ils enfin en ordre de marche?

N'eût-il pas été prudent de laisser au moins l'administration belge établir dans les classes françaises, comme elle en établissait partout, des canalisations et des centres de distribution qui ne coûtaient rien à la Section française, et qui lui eussent permis de parer aux retards des installations et à leurs arrêts éventuels?

A-t-on suffisamment réfléchi à la grave question des assurances et des réglements de sécurité?

Sans doute on objectera que le courant à 110 volts n'est pas la règle, mais l'exception à l'Exposition, et que la presque totalité du courant emprunté aux machines belges, allemandes et autres est du courant continu à 220 volts : mais de nombreux articles des règlements répondent à cette objection en prévoyant les moyens de parer aux besoins de courant à 110 volts : et un exemple frappant montrera encore mieux combien on a eu tort de faire fi des canalisations belges à 220 volts, fût-ce à titre de secours et d'auxiliaire plus régulier, moins sujet à caution : nous empruntons cet exemple à l'installation qui fait peut être le plus grand honneur à l'industrie et au goût français, celle de la Collectivité de la Couture, due à M. Perdoux pour l'industrie couturière, et, pour l'éclairage d'art, à l'ingénieuse invention des perles électriques de M. Weissmann. Qu'on se représente le trou noir où les lustres et guirlandes de perles devaient verser leur lumière, aux installateurs le 30 avril, aux visiteurs dans la suite! Installateurs et visiteurs avaient compté sans les caprices du courant alternatif cher à la section française. Il a manqué au jour de l'inauguration, il a manqué aux besoins de ces installateurs et à l'attente du public, et on en serait encore aujourd'hui à guetter quelques-unes de ses rares *éclaircies*, sans l'initiative de l'architecte et des ingénieurs, et sans l'obligeant concours de l'humble réseau belge si dédaigné jusqu'alors. On ne lui a même pas pu demander le courant continu à 110 volts dont on n'avait pas prévu le concours, on a mis à contribution le généreux réseau à 220 volts, la *libérale obligeance* de la Compagnie parisienne pour le prêt d'un moteur à 220 volts, l'*obligeante générosité* de la maison Gramme pour le prêt d'une dynamo type supérieur à 110 volts, et c'est ainsi que par le dévouement de tous s'est trouvée palliée l'imprévoyance d'un seul, palliée seulement en partie, puisque l'installation provisoire réalisée ne fonctionne qu'un petit nombre d'heures par jour, et que le *Salon lumineux* devient, pour le reste du temps, le *Four noir* traditionnel!

Les concours désintéressés ont d'ailleurs été si nombreux qu'il faut renoncer à en faire mention, sinon pour exprimer l'espoir qu'on les saura reconnaître, que le courant électrique ne se fera plus aussi rare dans la section française, et que l'*excessive exagération du prix des branchements et de l'énergie sera enfin reconnue.*

[1] Nous avons dû accepter les chiffres donnés par les guides, et nous en tenir à la section de Vennes, seule intéressée par le réseau de distribution français, tandis que le réseau belge comprend toutes les autres divisions de l'Exposition, extensions qui accentuent encore davantage les divergences voulues entre les deux systèmes.

Essais d'isolants. — On a procédé au laboratoire de physique de Londres aux essais de résistance électrique et mécanique de 30 isolants employés dans la construction des appareils électriques. M. Glazebrook a donné sur ces essais les renseignements suivants à l'*Institution of Electrical Engineers* de Londres.

Il s'agissait principalement de déterminer l'influence de la température. Les échantillons pouvaient être portés dans trois fours chauffés électriquement à des températures de 100, 125 et 150°. Afin de déterminer la tension nécessaire pour percer l'échantillon, on le plaçait entre deux électrodes circulaires de 25 mm de diamètre et on le comprimait sous une pression de 2,5 kg : cm², puis on le soumettait à un courant alternatif de fréquence 50; dans l'espace de 15 secondes environ, on élevait la tension jusqu'à ce que l'étincelle traverse l'échantillon. La résistance mécanique était déterminée par la pression qu'il fallait exercer pour percer un trou de 12 mm de diamètre. Afin de déterminer la résistance à la flexion, on enroulait l'échantillon sur des cylindres de diamètres allant en décroissant de 300 à 1,5 mm jusqu'à ce qu'il casse.

Un disque en papier comprimé de 0,56 mm d'épaisseur a été transpercé à la température ordinaire sous une tension de 2920 v; à 125° C, la tension nécessaire s'éleva à 3760 v, et redescendit à 3330 v à 150° C.

A 100°, une pression de 47 kg : cm² était nécessaire pour percer le trou, et on pouvait enrouler l'échantillon 6 fois autour du cylindre de plus petit diamètre (1,5 mm) sans qu'il se rompe; à 125°, on n'avait plus besoin que d'une pression de 5,5 kg : cm², et l'échantillon cassait quand on l'enroulait une fois sur un cylindre de 25 mm de diamètre; à 150° C, il suffisait d'une pression de 18 kg : cm²; l'échantillon se rompait quand on l'enroulait une fois sur un cylindre de 69 mm de diamètre.

Il n'y a aucune relation entre la résistance d'isolement et la distance disruptive; la résistance d'isolement varie avec la température. On peut mieux se débarrasser de l'humidité en chauffant un corps qu'en le plaçant dans le vide.

Des fils isolés au coton peuvent absorber jusqu'à 60 pour 100 de leur poids en humidité.

On a déterminé la température de bobines inductrices au moyen de thermo-éléments disposés en divers points. On a trouvé que dans l'intérieur de la bobine, la température peut être de 25° plus élevée que la température moyenne mesurée par augmentation de résistance. La température mesurée au thermomètre immédiatement après l'arrêt peut être de 80° moins élevée que la température maxima. La limite la plus élevée admissible pour des fils isolés au coton est de 125° C.

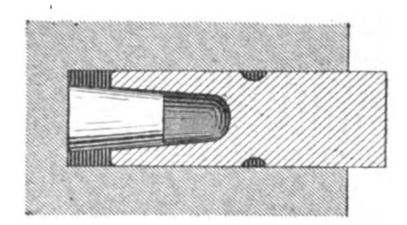
Accumulateurs au plomb. — Il n'est pour ainsi dire pas de jour qui, à la suite des recherches constantes dont est l'objet ce précieux mais délicat engin, n'apporte, de côté ou d'autre, un remède infaillible aux maux qui le *rongent* et l'empêchent de se développer au gré des constructeurs et des consommateurs. Aujourd'hui c'est de la patrie du mythique Edison et probablement sous l'aiguillon de la retentissante concurrence qui porte son nom, que nous sont annoncés, assez énigmatiquement d'ailleurs, les perfectionnements revendiqués par M. Bijur, président de la *General Storage Battery C°*, de New-York. Suivant le prospectus-circulaire qui nous en

parvient, les nouvelles plaques Bijur présenteraient une parfaite rigidité, seraient exemptes de toute possibilité de gondolement, et assureraient une excellente diffusion et circulation de l'électrolyte, des taux élevés inoffensifs de charge et de décharge, un remarquable rendement et une grande facilité de réglage, sans sulfatation, foisonnement ou tout effet destructif autre que l'inévitable résultat de leur usage normal. Mais, comme, d'une part, tant d'améliorations comportent autant de modes ou procédés nouveaux de construction de plaques, de soudure, de composition de liquide, d'oxydation et de réduction, que nous ne sommes pas encore mis à même d'apprécier, et que, d'autre part, les défauts de l'accumulateur au plomb paraissent être précisément inhérents au travail normal de cet appareil, nous ne pouvons qu'attendre les événements en nous déclarant heureux *a priori* d'avoir à enregistrer *a posteriori*, s'ils sont exacts, les résultats annoncés.

Le tampon « Clincher ». — Tout le monde sait avec quelle facilité se détachent les tampons en bois que l'on fixe dans les murs, soit par suite d'un montage trop hâtif, soit par suite du dessèchement du bois. Un ingénieux inventeur, M. Clincher supprime ces inconvénients de la façon suivante :

Un cylindre de bois porte un trou conique dans lequel peut s'introduire un bouchon également conique mais légèrement plus grand.

On perce le trou dans la brique ou dans la pierre au tamponnoir à la façon ordinaire; puis lorsqu'il est assez profond, on introduit à la main le cylindre en bois dont le trou conique a été muni de son bouchon. On achève d'enfoncer à l'aide du marteau, et l'on voit aisément que le bouchon, rencontrant le



mur, cessera d'avancer; il s'engagera alors dans le trou et, formant coin, forcera le cylindre en bois contre les parois du trou. C'est très simple, très commode et surtout indestructible; les électriciens pourront l'apprécier en maintes circonstances. A. S.

Nouveau raccord pour conducteurs électriques. — Ce raccord réalise à lui seul la connexion et l'isolement des conducteurs, qui peuvent être, comme l'indiquent les figures, au nombre de deux, trois ou même plus. Il comporte une enveloppe ou douille isolante (fig. 4), une âme en porcelaine rainurée de manière à recevoir les cosses de connexion (fig. 2), et enfin les cosses à soudure préparée d'avance pour recevoir les fils des câbles à connecter (fig. 3).

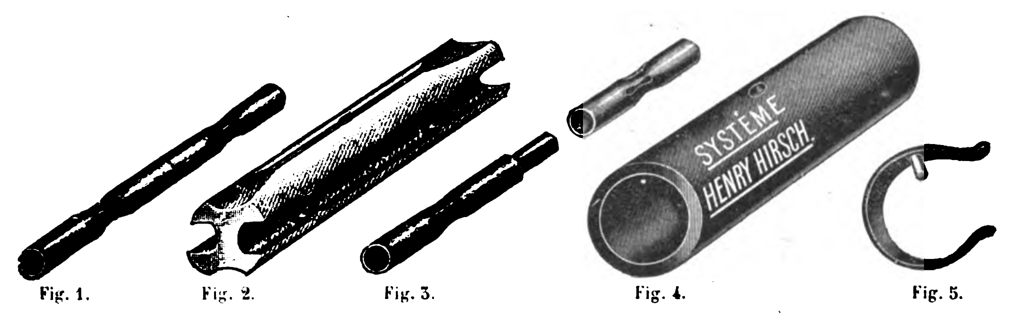
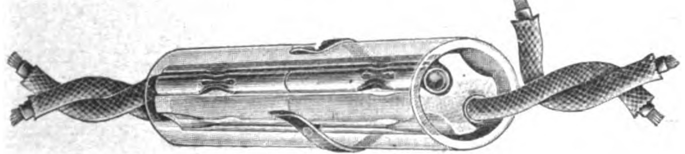


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Le mode d'emploi en est clairement indiqué par les figures ci-dessus qui représentent le raccord démonté.

Les fils à relier sont tout d'abord soudés chacun dans une cosse (fig. 1 et 3); pour cela il suffit de chauffer ces pièces à la lampe et d'y introduire les fils bien décapés; comme les cosses sont garnies de soudure au préalable, rien n'est plus facile que de faire l'opération.

Le raccordement électrique des conducteurs entre eux se fait aisément, car les cosses qui les terminent rentrent l'une dans l'autre à frottement doux. Reste à isoler les deux jonc-



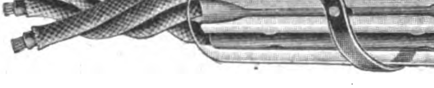


Fig. 6.

tions de polarité différente; on se sert pour cela de la pièce en porcelaine (2) dans les rainures de laquelle on peut loger les deux raccords. Enfin un tube isolant (4) maintient le tout

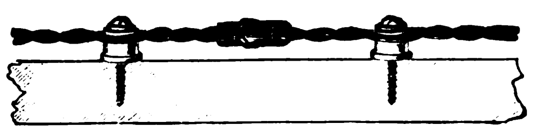


Fig. 7.

en place et un ressort armé d'une goupille (5) empêche le tout de glisser.

La figure 6 représente le raccord monté, et la figure 7 montre sa place dans une installation.

Les avantages en faveur de ce système sont les suivants :

1° Simplicité et efficacité du mode de soudure, et suppression de toute vis de serrage.

2° Meilleur isolement des fils au voisinage des connexions.

3° Facilités de démontage.

4° Facilité d'exécution et bon marché des connexions.

A. S.

Nouveau connecteur électrique. — Ce connecteur est destiné à remplacer, dans toutes ses applications, le serre-fil ordinaire, dans lequel une ou plusieurs vis radiales serrent les fils ou câbles à connecter bout à bout.

Il présente sur lui de nombreux avantages évidents, dont les principaux sont les suivants : les extrémités sont reliées

au connecteur par soudure, et non par des vis, et le contact est beaucoup plus parfait. On évite d'aplatir ou de mâchurer

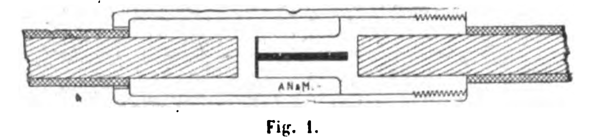


Fig. 1.

par des vis l'extrémité des câbles connectés. Enfin le démontage est encore plus simple, avec ce nouveau connecteur, qu'avec les précédents modèles employés. La soudure des

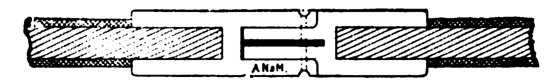


Fig. 2.

cosses aux conducteurs est prête d'avance et n'exige d'autre opération que le chauffage à la lampe.

Les deux câbles à raccorder, convenablement décapés, sont simplement introduits dans les cosses garnies de soudure par le constructeur; un simple chauffage à la lampe, ou même, ces pièces étant petites, à la flamme d'une bougie fait fondre la soudure et fait entrer la pièce en contact avec le câble à raccorder. A. S.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Grenoble. — *Traction électrique.* — Une enquête d'utilité publique est ouverte sur l'avant-projet présenté par la Société grenobloise de tramways électriques pour la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur sur la section de la ligne de Grenoble à Veurey, comprise entre Sassenage et Veurey, ainsi que sur le raccordement de cette ligne avec le réseau de la Compagnie P.-L.-M.

MM. les maires des communes faisant partie des cantons de Grenoble (Sud) et de Sassenage sont autorisés à réunir leurs Conseils municipaux pendant la durée de l'enquête à l'effet de délibérer tant sur les dispositions du projet que sur l'utilité publique de leur exécution. Les délibérations intervenues devront être adressées à la préfecture dès qu'elles auront été prises, et dans tous les cas avant le 19 juin.

Verdun. — *Traction électrique.* — Nous apprenons qu'une pétition circule dans cette ville pour obtenir l'installation de tramways électriques desservant la ville et ses faubourgs.

ÉTRANGER

Calasca (Italie). — *Transport d'énergie.* — La « Société pour les forces motrices de l'Anza », 4 via Patti, à Milan, a obtenu la concession d'une chute sur le torrent Anza, dans le territoire de la commune de Calasca, pour la production d'une puissance de 2400 poncelets. La hauteur de la chute sera de 180 m.

Ciudad-Real (Espagne). — *Transport d'énergie.* — Une importante Société vient de se constituer à Ciudad-Real dans le but d'exploiter les chutes d'eau de Ruidera pour produire de l'énergie électrique destinée aux usines chargées de l'éclairage de Manzanares, Solana, Membrilla et Valdepenas.

Cette Société dispose, paraît-il, d'un capital important.

CORRESPONDANCE

Ampèremètre pour courants sous hautes tensions.

MONSIEUR,

Permettez-moi de relever une erreur d'impression qui s'est glissée dans l'article « Ampèremètre pour courants sous hautes tensions ».

L'appareil que j'ai établi depuis plus d'un an pour mesurer l'intensité traversant les ampoules à rayons X, et que vous mettez en parallèle avec l'appareil de M. Snook, n'est pas un appareil thermique, qui ne nous donnerait aucune indication utile, mais bien un appareil à courant continu.

Il présente même une analogie complète avec celui présenté récemment au *Franklin Institute.*

Je vous signalerai simplement que tandis que M. Snook a introduit dans ce galvanomètre un shunt non inductif, j'ai absolument rejeté ce mode de réglage, afin de rendre les indications indépendantes des formes de courbe, ce qui à mon avis est capital. Mon appareil ne présente donc qu'un seul circuit, et tout le courant à mesurer traverse son équipage; le réglage s'effectue en agissant sur l'aimant par un shunt magnétique.

Quant au condensateur, que M. Snook destine « à absorber les irruptions de courant pour les restituer sous une forme plus régulière », je l'emploie également, mais je lui donne un autre rôle :

Le milliampèremètre est branché en série avec un tube de Crookes et mesure le courant continu qui traverse ce dernier. Mais, à chaque instant, des étincelles éclatent produisant des courants de haute fréquence. Or, ces courants ne peuvent pas traverser le circuit de l'équipage à self-induction relativement grande, et ils jaillissent d'une spire à l'autre de l'enroulement sous forme d'étincelles qui détériorent l'appareil de mesure.

Le condensateur est là pour servir de passage aux courants de haute fréquence pour lesquels il remplit le rôle d'un shunt, d'un court-circuit.

J'ai même complété ce dispositif de garde en ajoutant à la self-induction propre de l'équipage du galvanomètre des self-inductions extérieures, qui, elles aussi, ont pour but d'empêcher le passage des courants de haute fréquence à travers l'enroulement de l'appareil de mesure.

L'appareil de M. Snook *est donc en réalité un appareil exactement semblable à celui que nous avons présenté* il y a plus *d'un an*, à l'Exposition de la Société de Physique.

Quant aux conclusions à tirer de la lecture de cet appareil, elles ne sont peut-être pas encore aussi nettes que M. Snook le laisse entrevoir.

Pour un même degré de vide d'une ampoule, la production des rayons X ne dépend pas seulement de l'intensité traversant l'ampoule, mais également de la forme, de la courbe de cette intensité et de la fréquence des émissions de courant. Il n'en est pas moins vrai que, ainsi que nous le disions *il y a un an*, la mesure de l'intensité traversant les tubes de Grookes est un pas capital pour la radiologie.

Elle permet de suivre, avec la plus grande facilité, les variations d'état d'une ampoule à rayons X, elle est également un précieux point de repère pour définir les constantes électriques d'un tube, et pour permettre à l'opérateur de se remettre dans les mêmes conditions, aussi souvent qu'il est nécessaire.

Veuillez agréer, etc. G. GAIFFE.

ADRESSE DES APPAREILS DÉCRITS

MM. *Belliol et Reiss*, 30, rue des Bons-Enfants. Paris.

SUR LA VALEUR DU COUPLE

EXERCÉ ENTRE LES DEUX BOBINES

D'UN

ÉLECTRODYNAMOMÈTRE ABSOLU

Bien que l'on ait fixé légalement la représentation matérielle du volt par la force électromotrice d'un étalon Latimer-Clark et celle de l'ampère par l'électrolyse de l'azotate d'argent, les travaux de haute précision se font encore dans les laboratoires de recherches, en utilisant un électrodynamomètre dit *absolu*, dans lequel l'intensité du courant qui le traverse se déduit de ses dimensions et du couple que la bobine fixe exerce sur la bobine mobile.

Le calcul de ce couple conduit à des formules très compliquées, même lorsque les bobines sont cylindriques, si elles portent plusieurs couches. Il se simplifie relativement par l'emploi de bobines cylindriques à une seule couche, mais la formule devient très simple si, comme l'a indiqué M. A. Gray, les deux bobines sur lesquelles les fils sont roulés ont, pour chacune d'elles, une longueur égale à $\sqrt{3}$ fois son diamètre. M. George W. Patterson, de l'Université de Michigan, a développé le calcul d'un semblable électrodynamomètre dans la *Physical Review* de New-York, de mai 1905. Il nous a semblé intéressant d'en reproduire les résultats avec la formule du couple développé en série jusqu'au troisième terme, ainsi que la forme très simple à laquelle il se réduit lorsqu'on donne aux bobines les proportions indiquées ci-dessus.

L'électrodynamomètre absolu est constitué par deux bobines cylindriques à axes horizontaux rectangulaires, dont les milieux coïncident. La bobine fixe est de grandes dimensions et porte la bobine mobile à l'intérieur, cette bobine mobile ayant de faibles dimensions relatives.

La bobine cylindrique fixe a un rayon moyen R, une longueur L et renferme N spires, uniformément roulées en une seule couche.

La bobine mobile, dont l'axe est perpendiculaire à la première, a un rayon r, une longueur l, et renferme n spires.

Le couple C exercé entre ces deux bobines traversées par un courant d'intensité I (en unités C.G.S.) a pour expression :

$$C = \pi^2 r^2 N n I^2 \Big[2D + \frac{3}{32} \cdot \frac{1}{D^5} (4D^2 - L^2)(l^2 - 3r^2) + \frac{15}{8192} \cdot \frac{1}{D^9} (48D^4 - 40D^2L^2 + 7L^4)(l^4 - 10l^2r^2 + 10r^4) + \text{etc.} \ldots\ldots\ldots \Big].$$

Cette série, dans laquelle D est la demi-diagonale de la bobine :

$$D = \sqrt{R^2 + \frac{L^2}{4}}$$

est rapidement convergente lorsque l et r sont petits devant D. Un terme quelconque de la série peut d'ailleurs toujours être rendu nul en supposant à l'une des bobines des dimensions telles que l'un des deux facteurs qui le composent soit lui-même nul.

Si, en particulier, on fait $D = 2L$, on rend tous les termes entre crochets nuls sauf le premier, mais cela revient à faire la diagonale $2D$ de la bobine égale à sa longueur, condition impossible à réaliser, car le cas correspond à une bobine de longueur infinie, mais qui est approximativement satisfaite avec une bobine fixe très longue, qui produit en son milieu un champ très sensiblement uniforme.

Le second terme de la série s'évanouit en faisant $l^2 = 3r^2$ ou $l = r\sqrt{3}$.

Le troisième terme devient nul si l'on fait $12D^2 = 7L^2$, relation qui revient à $L = R\sqrt{3}$.

Avec ces deux relations simultanément, le terme suivant que nous n'avons pas reproduit, et qui renferme les sixièmes puissances de l et de r, est négligeable ainsi que les termes suivants, et la série se réduit pratiquement à l'expression :

$$C = \frac{2\pi^2 r^2 N n I^2}{D} = \frac{4\pi^2 r^2 N n I^2}{\sqrt{L^2 + 4R^2}} \text{ dynes-cm.}$$

Pour que les conducteurs d'amenée du courant à la bobine fixe n'exercent pas d'influence, on les dispose dans un plan normal à son axe.

Les extrémités des fils de la bobine suspendue sont amenées verticalement et parallèlement aux extrémités des bobines, d'où ils sortent, à deux godets de mercure disposés l'un au-dessus de l'autre, directement sous le centre commun aux deux bobines.

Les conducteurs amenant le courant aux deux godets sont tordus ensemble et séparés seulement pour plonger dans les godets. Le manque de symétrie est corrigé par deux expériences faites en inversant les connexions.

On peut prendre pour rayon moyen de chaque bobine la moyenne des rayons extérieur et intérieur de l'enroulement.

Les erreurs provenant du magnétisme terrestre et de son action sur la bobine mobile sont compensées en renversant le courant dans l'appareil et en prenant la moyenne.

Dans une série d'observations, on prend pour valeur du couple moyen produit par un courant la moyenne des résultats fournis par quatre expériences correspondant à toutes les permutations possibles du sens du courant dans les deux bobines, et l'on annule ainsi pratiquement toutes les erreurs dues à l'asymétrie et à des champs extérieurs parasites.

A. Z.

TURBINES A VAPEUR CONTRE MOTEURS A PISTON

Dans un article de la *Gazette de Francfort*, concernant l'agrandissement de la centrale de Francfort, il est dit que l'on a obtenu des résultats très satisfaisants depuis deux ans en employant une turbine à vapeur de 3300 kw, et, dans une autre feuille de la ville de Francfort, on estime l'économie réalisée par l'emploi de la turbine à 137 500 fr par an.

Ces articles pourraient laisser croire qu'une turbine à vapeur est beaucoup plus économique qu'une machine à piston à allure lente, car c'est seulement avec une telle machine que la comparaison peut être faite; aussi M. Jungels, ingénieur à Francfort, a-t-il présenté, dans l'*Elektrotechnische Rundschau*, les observations suivantes :

On ne donne malheureusement pas dans les articles précités le type de la machine provoquant annuellement une dépense de 137 500 fr plus élevée qu'une turbine à vapeur. A première vue, ce doit être une machine d'un type déjà ancien, à laquelle on n'a pas appliqué les perfectionnements réalisés dans les dix dernières années dans la fabrication des machines à vapeur.

Avec l'emploi de la vapeur surchauffée, on est arrivé, avec la machine à vapeur, à des résultats économiques tels que les turbines à vapeur ne peuvent lutter, au point de vue de la dépense de combustible. De même, le prix d'une turbine est notablement plus élevé à puissance égale, si l'on tient compte de tous les accessoires nécessaires.

Comme exemple, rappelons qu'un groupe turbine-dynamo de 200 kw pour une pression de vapeur de 10 atmosphères et 90 pour 100 de vide au condensateur, dépense de 9,5 à 10 kg de vapeur garantis par kw-h, tandis que pour une machine moderne à piston, on peut garantir une dépense de 7,5 à 8 kg : kw-h seulement.

La consommation de vapeur ne permet qu'une comparaison peu sûre, il vaut mieux comparer la dépense de combustible, car c'est évidemment le charbon que l'on doit payer.

Ce dernier point de vue n'est pas ordinairement pris en considération quand on compare les turbines et les machines à piston ; on arrive à des consommations égales de vapeur, quoique la dépense de combustible pour la turbine soit de 10 pour 100 plus élevée que pour la machine à vapeur. On peut expliquer ce fait de la manière suivante :

1° Presque tous les essais de consommation de vapeur des turbines ont été exécutés en mesurant l'eau d'un condenseur à surface, tandis que dans les essais des machines à piston, on mesure ordinairement l'eau d'alimentation.

De nombreuses observations ont permis d'établir que la quantité d'eau condensée est plus petite que la quantité d'eau d'alimentation, et la différence atteint de 4 à 6 pour 100. En consultant la littérature technique à ce sujet, on se rend compte du fait (voy. notamment la *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* de 1905, au sujet d'essais faits par MM. Schröter et Koob).

Un ingénieur a obtenu, à la suite de 2 essais de 10 heures de durée, une différence de 4 pour 100 entre l'eau d'alimentation et l'eau de condensation.

Cette différence peut être expliquée par les pertes d'eau dues à l'air saturé s'échappant des pompes de condensation, ainsi qu'à des fuites imperceptibles dans les conduites, etc. Naturellement, c'est la quantité d'eau vaporisée réellement et le charbon dépensé pour cela dont on doit tenir compte. La consommation pour les turbines est donc de 4 à 6 pour 100 plus forte que celle résultant des essais.

2° Les chiffres de consommation les plus favorables rendus publics au sujet des turbines sont en première ligne relatifs à un vide très grand pour la condensation (94 à 96 pour 100 du vide absolu), et on ne tient pas compte dans la plupart des cas de la puissance dépensée pour la condensation. Avec les turbines à vapeur en général, les installations de condensation sont actionnées par un moteur spécial, qui consomme du charbon dont il faudrait tenir compte.

La machine à vapeur, par contre, actionne ses appareils à condensation qui absorbent environ 3 pour 100 de sa puissance, quand un vide favorable de 85 à 90 pour 100 est atteint.

Il ne faut pas oublier que, pour obtenir un vide de 95 pour 100, on est obligé d'employer une surface de condenseur à peu près double de celle nécessaire à un vide de 90 pour 100. En faisant abstraction du prix beaucoup plus élevé du condenseur, on est obligé d'employer au moins une quantité double d'eau de refroidissement ; il faut des pompes d'un débit double et absorbant une puissance double. Pour une turbine à vapeur, il ne faut pas compter 3 pour 100 de la puissance totale pour actionner les appareils à condensation, mais bien 6 pour 100, en admettant que le petit moteur actionnant la condensation ait une marche aussi économique que la turbine.

Si l'on additionne les surplus indiqués à la consommation de charbon de la turbine, on est obligé d'admettre qu'il faut augmenter les chiffres obtenus de 10 à 12 pour 100, en sorte que pour des résultats d'essais identiques, la machine à piston est de 10 à 12 pour 100 plus économique.

Quant à la dépense élevée d'huile de graissage d'une machine à vapeur, dont il a été tant parlé, il faut remarquer qu'une machine à vapeur moderne, même dans le cas d'emploi de la vapeur surchauffée, ne dépense environ que 50 g d'huile pour le graissage du cylindre pour 100 chevaux-heures, et qu'avec les nouveaux séparateurs, on peut retirer 75 pour 100 de cette huile de l'eau condensée pour les faire servir de nouveau au graissage. La petite quantité d'huile restant dans l'eau, se rassemble après un court séjour dans un bassin, et dans des instal-

lations modernes, l'eau peut être employée de nouveau pour l'alimentation.

De même l'espace occupé par les turbines n'est pas beaucoup moindre que celui occupé par les machines, quoique leur vitesse soit 20 fois grande.

Le prix d'achat d'une turbine est considérablement plus élevé que celui d'une machine à vapeur, car il faut des matériaux de première qualité, et la construction des aubes est coûteuse.

Il n'est donc pas étonnant qu'au point de vue économique, les turbines ne peuvent actuellement lutter contre les machines à vapeur; il ne faut pas les comparer à de vieilles machines, mais bien à des machines modernes.

La turbo-dynamo de 3300 kw de Francfort dépense, dans le cas le plus favorable, 6,7 kg de vapeur par kw-h. Si l'on y ajoute les 10 à 12 pour 100 mentionnés plus haut pour l'eau et la puissance nécessaire à la condensation, on arrive à une consommation réelle de 7,4 à 7,5 kg par kw-h.

Une machine à vapeur de même puissance a une consommation garantie de 3,8 à 4 kg par cheval-heure, tandis que le rendement de l'ensemble de la dynamo à vapeur est de 87 pour 100.

On a donc (en admettant le chiffre de consommation le plus élevé, de 4 kg) comme dépense de vapeur :

$$\frac{4,0}{0,87 \cdot 0,736} = 6,25 \text{ kg par kw-h},$$

c'est-à-dire 1,2 kg par kw-h de moins que la turbine.

Pour un service journalier de 20 heures et une marche annuelle de 360 jours, c'est-à-dire pour :

$$3300 \cdot 20 \cdot 360 = 23\,760\,000 \text{ kw-h},$$

on a en moins pour la machine à vapeur :

$$23\,760\,000 \cdot 1,2 = 28\,512\,000 \text{ kg de vapeur}.$$

En admettant comme prix de la vapeur, y compris la surchauffe, 2,5 fr par 1000 kg, on arrive à trouver pour la machine à vapeur une économie annuelle de 71 250 fr.

Même si, avec la machine à vapeur, on dépense un millier de francs de plus pour le graissage, elle n'en est pas moins plus économique.

On peut encore citer à l'avantage de la machine à vapeur que l'on peut vérifier à chaque instant l'état de la distribution en relevant des diagrammes, tandis qu'avec la turbine on en est réduit à avoir recours aux indications des compteurs électriques. F. L.

Téléphones de l'Industrie électrique :

Rédaction : N° 812-89.

Administration { N° 704-23. N° 704-44.

SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS

AVEC

LES LIGNES A HAUTE TENSION

(*Suite et fin*[1].)

Variations harmoniques du courant. — L'auteur prend pour point de départ les variations harmoniques du courant dans ce circuit.

Supposons que ce courant soit représenté par le vecteur OI (fig. 5). Ce vecteur tourne autour du point O en faisant p tours par seconde, ce qui correspond à la fréquence du courant alternatif.

Puisqu'il y a courant il y a aussi une force électromotrice qui le produit en dépit des obstacles (résistance ohmique).

Comme cette force électromotrice doit être en phase avec l'intensité de courant, elle va être représentée par

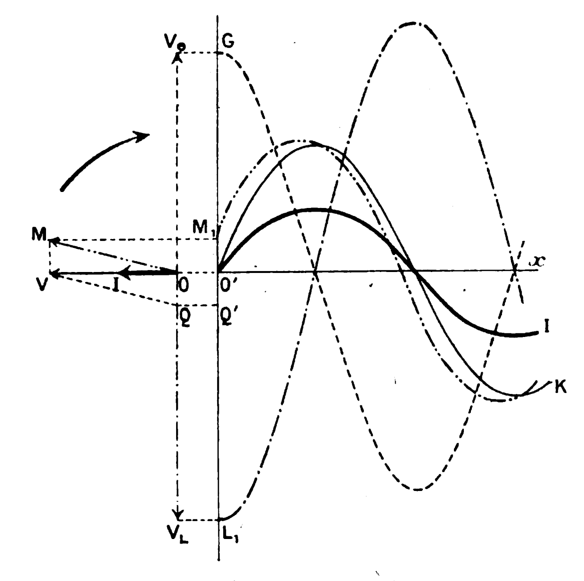


Fig. 5. — *I*. courant. — *R*. résultante de toutes les tensions. — *M*, tension de la machine. — *G*, tension aux bornes du condensateur. — *x*, tension avec self-induction.

le vecteur OV, qui coïncide en direction avec le vecteur OI; la longueur du vecteur OV va être donnée par la formule d'Ohm.

Si l'on admet une même colonne pour représenter la tension et l'intensité de courant, et si l'on suppose la résistance ohmique égale à 2 ohms, le vecteur OV doit être le double de OI.

On voit que cette force électromotrice sera la résultante de toutes les forces qui agissent dans le circuit. Mais le courant passe dans le condensateur C et dans la bobine avec self-induction, où il produit deux nouvelles forces électromotrices, qui ne sont pas invariablement liées avec la différence de potentiel *U*.

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, du 25 avril 1905, n° 320, p. 177, et du 25 mai, n° 322, p. 232.

En effet, l'intensité du courant que reçoit le condensateur a pour expression :

$$I = U_c . 2\pi . C$$

d'où

$$U_c = \frac{I}{2\pi p . C}.$$

Si $2\pi p = \omega$, on a $V_c = \frac{I}{\omega C}$, c'est-à-dire que pour un courant donné la tension aux bornes du condensateur est inversement proportionnelle à sa capacité.

On sait d'autre part que la tension aux bornes de la bobine avec self-induction est proportionnelle au coefficient de self, à la fréquence du courant et à son intensité.

$$U_L = \omega L I.$$

Cette tension est donc aussi indépendante de la tension, représentée par le vecteur OV.

On a vu plus haut que la force électromotrice aux bornes de la bobine de self doit être retardée en phase de un quart de période par rapport au courant; elle doit donc être représentée par un vecteur dirigé de haut en bas.

On peut intercaler dans le circuit une bobine, qui avec un même courant donnerait une force électromotrice supérieure à OV. Supposons que cette force électromotrice soit représentée par le vecteur OV_L.

Si en faisant varier la capacité du condensateur, on laisse passer un courant I, on peut entre de larges limites faire varier la tension entre les armatures. La phase de cette tension sera décalée par rapport à celle du courant de un quart de période.

La tension sera donc représentée par un vecteur OV_c.

Il s'agit maintenant de résoudre la question suivante : quelle sera la force électromotrice qui doit fournir l'énergie à notre circuit?

Deux forces, représentées par les vecteurs OV_c et OV_L, ajoutées l'une à l'autre peuvent souvent se détruire en partie, il n'y a donc lieu à considérer que leur différence. Ceci n'est vrai, cependant, que du point de vue de notre source d'énergie, dont la valeur est à déterminer; en réalité ces forces continuent à exister en s'aidant mutuellement et une grande partie d'énergie passe du condensateur dans la bobine et en sens inverse. Pour la force extérieure il reste leur différence, représentée par le vecteur OQ. Ce vecteur doit représenter l'une des composantes, tandis que la résultante, c'est-à-dire la diagonale du parallélogramme, doit être OV; la différence de potentiel de la source va alors correspondre au vecteur OM. Plus il y aura de coïncidence entre OV_L et OV_c, plus le vecteur de la force électromotrice de la machine va être rapproché de celui de la résultante OV de toutes les forces, et au moment de la neutralisation complète de la self par la capacité, le vecteur de la force électromotrice de la machine va être en coïncidance parfaite avec le vecteur OV, et cette force électromotrice va être entièrement dépensée pour vaincre la résistance ohmique.

L'auteur détermine ensuite, à l'aide de relations géométriques le rapport entre la tension aux bornes du condensateur OV_c et la tension de la machine OM, c'est-à-dire le rapport $\frac{OV_c}{OM}$.

Pour le numérateur on a :

$$OV_c = I\frac{1}{\omega C},$$

la valeur du dénominateur est donnée par le triangle OMV,

$$OM = \sqrt{OV^2 + VM^2}$$

et le rapport cherché est :

$$\frac{OV_c}{OM} = \frac{I}{\omega C . \sqrt{OV^2 + VM^2}}.$$

Mais puisque l'on a

$$VM = OV_c - OV_L,$$

$$OV = IR, \quad OV_L = I\omega L, \quad \text{et} \quad OV_c = I\frac{1}{\omega C}.$$

$$\frac{OV_c}{OM} = \frac{1}{\sqrt{\omega^2 C^2 R^2 + (1 - \omega^2 CL)^2}}.$$

Cette formule n'est que le premier pas vers la vérité, puisque nous avons admis la résistance, la capacité du condensateur et la self-induction, comme étant des valeurs constantes, et supposé la régularité de la courbe de tension. En réalité ce qu'il y a lieu à considérer ce n'est pas la résistance ohmique du transformateur mais la somme de tous les obstacles rencontrés par le courant continu, pendant qu'il accomplit le travail, transformé en chaleur, par suite de l'hystérésis et des courants de Foucault. Cette résistance dépasse généralement beaucoup celle du cuivre; elle varie un peu avec la charge. On peut la déterminer en mesurant, au moyen d'un wattmètre, le travail absorbé dans le circuit alternatif d'un nombre donné de périodes, en divisant ce travail par le carré de l'intensité du courant.

Rôle de l'hystérésis diélectrique. — La valeur de la capacité du condensateur varie aussi avec la fréquence du courant par suite de l'hystérésis diélectrique.

Le professeur Heinke [1] a montré que dans un condensateur de Swinburne, la capacité, pour un courant alternatif, calculé d'après la formule $I = \omega CU$, n'était que de 42 pour 100 de la capacité obtenue à l'aide de décharges d'une source de tension constante.

Si en tenant compte de ces corrections on représente les résultats des expériences par des points, placés de façon à ce que les ordonnées expriment le rapport de la tension du condensateur V_c à celle de la génératrice V_m, on trouve, que ces points vont être suffisamment rapprochés de la courbe théorique, construite d'après la formule. La figure 6 représente cette courbe à côté des points obtenus dans les expériences de M. le professeur Heinke.

[1] *Electrotechnische Zeitschrift*, 97, p. 57.

La figure 7 montre une série de courbes, tracées d'après la formule ci-dessus. Les courbes pleines représentent la valeur de la résonance, c'est-à-dire le rapport de la tension du condensateur à celle de la machine, $\frac{U_c}{U_m}$, avec ω, *C* et *L* variables, et $R = 100$ ohms.

Les courbes ponctuées servent à déterminer le maximum de résonance pour les différentes valeurs de ω, *L* et *C* et même pour *R* variable. Ceci n'est possible cependant que lorsqu'on cherche à déterminer la position du maximum de résonance.

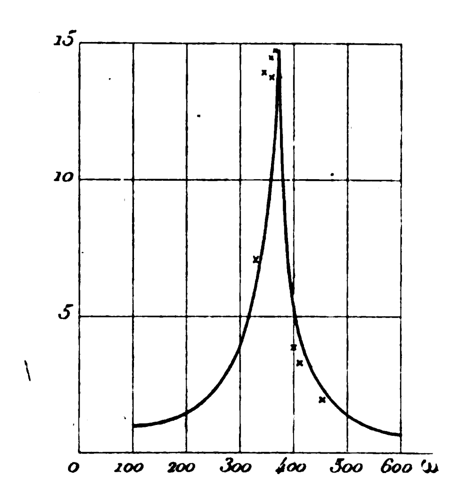


Fig. 6. — Rapport de la tension aux bornes du condensateur à la tension de la machine.

Les courbes de résonance pour certaines valeurs *C* et *L*, avec un nombre variable de périodes *p* ont été calculés pour $R = 100$ ω.

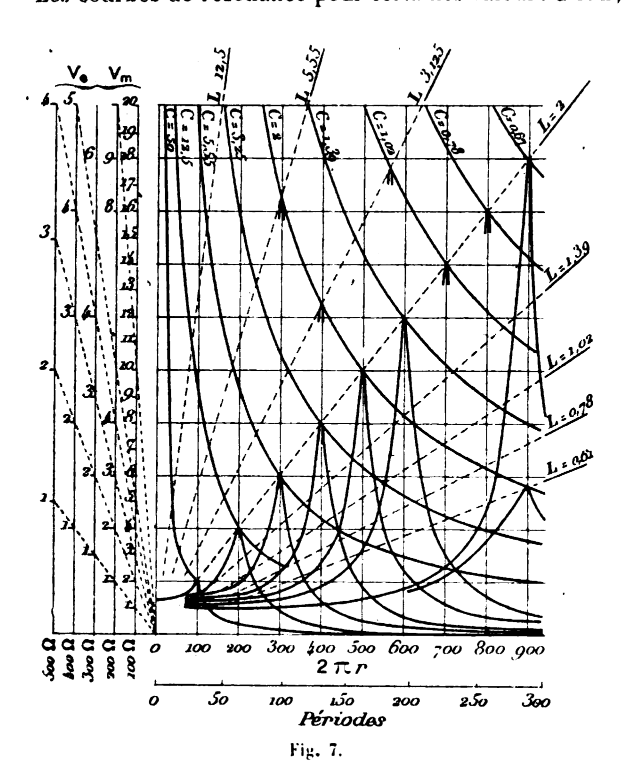


Fig. 7.

Circuits contenant des transformateurs. — Dans des circuits qui contiennent des transformateurs en parallèle, le danger n'existe que par suite de la self-induction de la génératrice au point de vue de la résonance de la tension, puisque cette self se trouve en parallèle avec la capacité des câbles et avec la force électromotrice de la génératrice; les oscillations électriques, résultantes entre la capacité *C* et la machine, peuvent, en cas de coïncidence de vitesses, être maintenues par la machine elle-même.

Dans des circuits, représentés dans la figure 8 par des

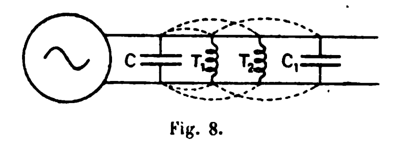


Fig. 8.

lignes ponctuées et contenant des capacités dues aux câbles C et C_1 ainsi que de la self de transformateurs T_1 et T_2, il ne peut résulter de résonance de tension, puisque la force électromotrice de la machine est placée dans ce circuit non pas en série, mais en parallèle. La résonance du courant, possible dans ce cas, présente une grande analogie avec la résonance de tension, mais elle ne peut produire qu'un échauffement des câbles.

La figure 7 montre que dans des conditions données de capacité et de la self de la machine, on peut obtenir la résonance si la machine, plus ou moins excitée, travaille à circuit fermé et à une vitesse constamment variable. C'est pourquoi il faut avoir soin, avant d'arrêter la machine, de couper le circuit d'excitation.

Si la force électromotrice alternative varie non plus en raison de la loi du sinus, mais selon une autre courbe, cette force, suivant le théorème de Fourrier, peut être envisagée comme plusieurs forces harmoniques agissant à la fois, le nombre de périodes de l'une d'entre elles étant un multiple de l'autre, et décalées d'un angle quelconque.

La figure 9 représente une courbe A, décomposée en sinusoïdes harmoniques I, III, V et VII.

Il peut arriver que la période d'une décharge oscillante du condensateur, formé par les câbles, grâce à la self de la génératrice, coïncide en temps non pas avec la composante principale de la tension de la machine, mais avec une de ses harmoniques d'ordre supérieur, par exemple avec le 7e. Celle-ci ayant alors augmenté plusieurs fois, peut produire non seulement la déformation complète de la forme de la courbe, mais aussi une augmentation plus ou moins grande de la tension efficace et de la tension maximum.

Une ligne ainsi déformée est représentée dans la figure 9. Elle est construite en supposant que la tension de la septième composante est devenue 10 fois plus grande.

Supposons encore une machine, dont la caractéristique est composée de composantes harmoniques I, III, V, VII, IX et XI.

Supposons pour plus de simplicité que les amplitudes

de chacune de ces courbes soient en raison inverse de leur ordre. Supposons de plus que cette machine, qui fournit un courant de 50 périodes, travaille sur un circuit de capacité de 2 microfarads, tandis que la résistance totale est de 5 ohms.

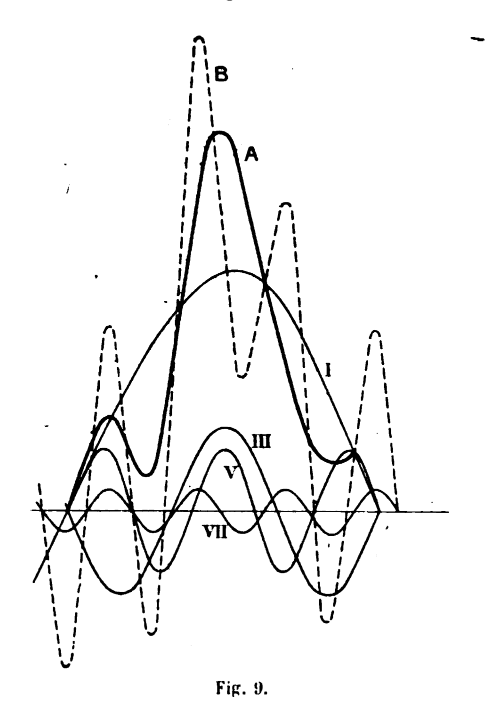


Fig. 9.

Faisons varier la self-induction du circuit entre 0 et 5 henrys et examinons ce que va devenir la résonance.

La figure 10 montre que l'intensité de la composante XI prend une valeur 28 fois plus grande avec une self-induction égale à 0,04 henry; avec 0,06 henry on obtiendrait la résonance de la IX[e] composante. Ces deux résonances vont modifier l'intensité de la courbe totale, et d'après l'échelle admise, il y aura augmentation de 2,6 et de 3,9 fois. Dans les points intermédiaires, les résultats de résonance de ces deux composantes vont s'ajouter, de sorte que entre 0,035 et 0,07 henry, on obtient une tension deux fois plus forte que celle de la machine. Si l'on continue à augmenter la self-induction on obtient encore trois fois le phénomène de la résonance de composantes harmoniques d'ordre supérieur. La résonance de la courbe principale va avoir lieu avec 5 henrys, c'est-à-dire à une distance 10 fois plus grande que la distance représentée dans la figure 10, entre 0 et le point de résonance de la composante harmonique de troisième ordre.

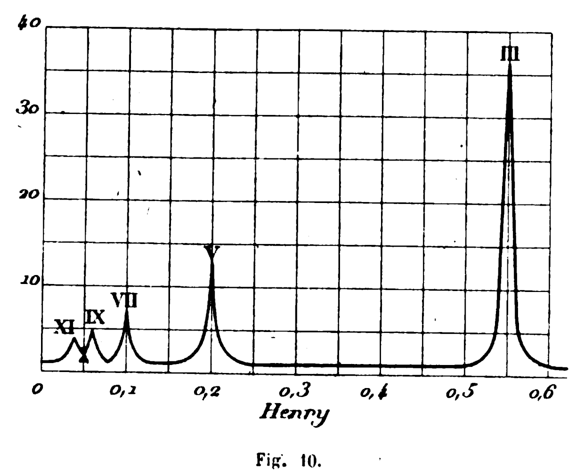


Fig. 10.

Il existe ainsi une zone sans danger comprise seulement entre les points de résonance des composantes I et III. La région où la résonance est impossible commence seulement en dehors du point correspondant à la résonance de la première composante. On sait en effet que la résonance des harmoniques d'ordre supérieur est plus dangereuse pour les câbles, puisque la self-induction et la capacité peuvent correspondre à la période de l'une de ces composantes.

Perforation des câbles. — On explique ainsi à l'aide de la résonance, le phénomène de perforation des câbles, signalé d'abord par Neustadt (¹). Dans le cas où dans une partie quelconque du circuit le câble intérieur se trouve réuni au réseau, tandis que le câble extérieur est coupé, la self-induction, due aux transformateurs T_1 et T_2 (fig. 11)

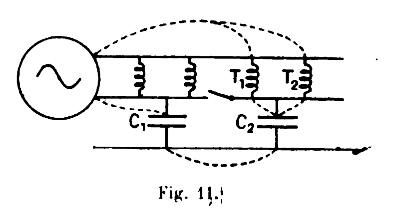


Fig. 11.

se trouve en série avec la force électromotrice de la machine, ainsi qu'avec les deux condensateurs C_1 et C_2, dont les armatures sont constituées par le câble extérieur et par la terre. On aura soin, par conséquent, de fermer d'abord le circuit sur le câble extérieur. En Angleterre on a l'habitude de souder entre eux tous les câbles extérieurs; on protège ainsi d'une façon sûre le réseau contre le phénomène de Neustadt.

Il est bon aussi d'éviter l'installation des appareils de mise à la terre sur le câble extérieur de conducteurs concentriques; ces appareils n'empêchent pas le retour du courant à travers les condensateurs C_1 et C_2 et l'effet produit peut devenir dangereux au point de vue de la résonance. L'auteur croit que la théorie très élégante de Neustadt n'est applicable que dans un nombre restreint de cas, quand la perforation du câble est produite par la rupture du courant dans le conducteur extérieur seul. On a quelque difficulté d'admettre que le rapport de la capacité à la self-induction aurait juste en ce moment la valeur nécessaire pour produire la résonance. L'auteur propose une autre explication. On sait que la tension entre le conducteur extérieur d'un câble concentrique et la terre, dans des conditions ordinaires, a une valeur très petite. Si un contact même de courte durée venait à s'établir entre une partie quelconque du réseau, et l'autre partie ayant le potentiel du réseau, par le conduc-

(¹) *E. T. Z.*, 1895, p. 255, et Feldman. *Transformatoren*, p. 120.

teur intérieur seul, en ce moment la tension du conducteur extérieur du câble par lequel se fait le contact, va recevoir par les transformateurs T_1, T_2, T_3 presque la tension totale utile de la machine. L'isolation entre la terre et le conducteur extérieur n'est pas généralement établie en vue d'une tension aussi élevée.

De plus, ce conducteur, grâce à son plus grand diamètre, souffre plus ou moins au moment de la pose du câble, ainsi que par suite du mouvement du sol et de variations de température, il peut donc être perforé chaque fois qu'il reçoit la tension de la machine, sans l'intervention du phénomène de la résonance.

Réseaux alimentés par du courant alternatif. — Dans l'exploitation des réseaux alimentés par du courant alternatif, il peut arriver que la tension dans le réseau se trouve augmentée d'une façon inattendue, et que des câbles, placés dans divers quartiers de la ville, soient perforés.

Pour constater l'augmentation de tension on se sert ordinairement d'un petit appareil qui permet de mesurer la longueur de l'étincelle; la distance entre les boules est réglée de façon que l'étincelle ne puisse jaillir, que lorsque la tension est normale. On peut ainsi constater qu'au moment d'un court-circuit, produit dans la ligne, la tension de la machine est souvent augmentée considérablement.

Supposons qu'un court-circuit ait lieu quelque part dans le circuit et qu'un câble rompu ait produit un arc.

La tension de la machine va diminuer, tandis que le courant, qui arrive à l'endroit endommagé deviendra au contraire plus intense. L'arc, produit par la rupture du câble, va être interrompu par des gaz, qui se dégagent de la matière isolante en fusion, puis il va se rallumer jusqu'à ce qu'il soit complètement étouffé, ou lorsque les plombs fusibles placés sur le câble transversal seront fondus. Il s'agit maintenant de savoir à quel moment va être coupé le courant de la machine. Si cela arrive au moment où le courant passe par 0, il n'y aura pas d'augmentation de tension, mais à tout autre moment et surtout au moment du passage du courant par son maximum, une force électromotrice considérable va apparaître comme conséquence de la diminution brusque du champ magnétique produit dans la machine par l'extra-courant de rupture.

Voici, selon l'auteur, une des causes principales d'avaries dans les réseaux.

Un court-circuit, en augmentant la tension, produit dans les autres câbles des défauts insuffisants pour que l'on s'en aperçoive immédiatement, mais qui ne tarderont pas à se manifester. Un réseau tout entier peut devenir défectueux malgré les soins apportés au moment de l'installation, si des appareils de mise à la terre n'ont pas été placés entre les conducteurs des câbles concentriques.

Essais des câbles. — Pour mieux se rendre compte de la gravité d'un défaut, si petit qu'il soit, dans un conducteur, il est intéressant de suivre les essais auxquels les conducteurs sont soumis au cours de la fabrication.

Il arrive souvent, pendant qu'un câble est soumis à une tension élevée, que la lampe témoin, alimentée par le courant venant d'un transformateur, éprouve une diminution d'éclat à peine appréciable; cela suffit pour indiquer un défaut. Le câble est alors soumis à une tension double, qui produit la rupture du câble à l'endroit endommagé.

Augmentation de tension dans un alternateur. — Il n'est pas moins intéressant d'examiner l'augmentation de tension dans un alternateur contenant dans le circuit une capacité, due par exemple au réseau de câbles et à des transformateurs. Cette augmentation de tension peut quelquefois devenir très considérable.

L'auteur l'explique par l'action du courant alternatif de l'armature sur le flux magnétique des inducteurs.

La figure 12 représente schématiquement deux bobines

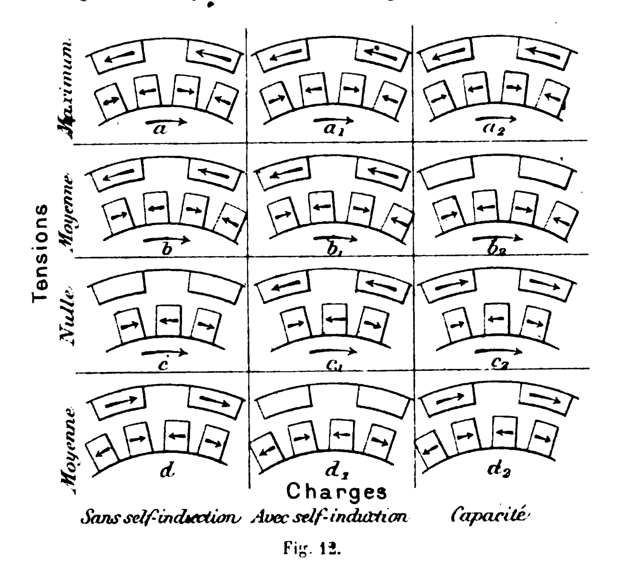


Fig. 12.

de l'induit fixe et les inducteurs mobiles, dans quatre positions différentes par rapport à l'induit. Les positions a; a_1 et a_2 correspondent au maximum de force électromotrice; b, b_1 et b_2 à une force électromotrice moyenne; dans les positions c, c_1 et c_2, la force électromotrice égale zéro, et en d, d_1 et d_2 elle reprend une valeur moyenne mais en sens inverse. Les flèches de longueur et d'épaisseur différentes, correspondent aux diverses valeurs d'intensité de courant dans les enroulements au moment considéré; les positions a, b, c et d indiquent le cas, quand la charge de la machine est composée uniquement par les résistances ohmiques, et le courant coïncide en phase avec la tension. On voit que les actions magnétisante et démagnétisante du courant sur les inducteurs mobiles, sont égales, puisqu'au moment où le courant atteint son maximum (position a), les pôles contraires de l'électro-aimant sont à une même distance des bobines, et lorsque l'un des pôles se trouve en regard de la bobine (position c), l'intensité du courant, et par suite l'action démagnétisante, sont égales à zéro.

Dans les positions intermédiaires, l'action démagnétisante (position b) se trouve compensée par l'action magnétisante (position d). La machine étant chargée par des résistances ayant une force électromotrice propre, des self-inductions ou des capacités, la symétrie disparait, le courant est soit en arrière de la tension (fig. a_1, b_1, c_1, d_1), soit en avant (fig. a_2, b_2, c_2, d_2), et l'on voit que dans le premier cas, le courant de l'inducteur fixe va démagnétiser les électro-aimants; il va les magnétiser dans le second, et la machine va subir une variation de tension en conséquence.

Afin de donner une représentation plus exacte du phénomène de l'excitation des électros par le courant de l'armature, l'auteur a recours à l'exemple suivant :

Prenons une machine bipolaire à courant continu, coupons le circuit des enroulements des inducteurs, plaçons les balais en sens contraire de rotation, fermons le circuit de l'induit sur un rhéostat et un ampèremètre et faisons tourner la machine.

Le flux magnétique va être dû uniquement au courant de l'induit; ce flux va passer en partie par les noyaux des inducteurs en produisant une force électromotrice qui va augmenter proportionnellement au courant fourni par la machine. Un phénomène analogue aura lieu dans le cas (fig. 12, a_2, b_2, c_2 et d_2) où la tension va augmenter proportionnellement au courant dans l'induit, qui produit l'aimantation des électros.

Si, au lieu de se trouver dans le circuit de la machine le condensateur est placé dans le circuit secondaire du transformateur, nous aurions encore le même résultat, puisque dans ce cas le courant, ainsi que la tension dans les enroulements secondaires, sont directement opposés au courant et à la tension dans les enroulements primaires; le glissement de phase dans le circuit secondaire sera égal ou presque égal au glissement dans le circuit primaire.

Phénomène Ferranti. — A l'appui de cette démonstration l'auteur cite quelques exemples; il parle du phénomène Ferranti, constaté à la station centrale de Deptford, à Londres. Cette station employa avant les autres des câbles concentriques, qui furent composés de tubes de cuivre entourés de papier; une paire de ces tubes fut placée dans une enveloppe de fer, qui constituait l'armature extérieure du câble. La tension élevée, dont on se sert à cette station avait donné lieu à une légende, qu'il était dangereux de s'approcher de la station à une distance de moins de 1 km, car il se produisait des décharges, accompagnées de coups de foudre et d'éclairs (¹).

Il n'y avait pas que des profanes pour donner foi à cette légende; des ingénieurs, des instruments de mesure en main, ont constaté un phénomène inexplicable, qui donna lieu à de nombreuses confusions. Au moment de l'exécution des travaux souterrains, le conducteur extérieur du câble fut essayé sous tension de 500 v, venant d'un transformateur placé à Deptford et alimenté par une machine à potentiel constant. Au fur et à mesure de l'augmentation de la distance entre le transformateur et les appareils de mesure, placés à l'autre extrémité du câble, la tension au lieu de diminuer, comme cela devrait avoir lieu dans le cas du courant continu, augmentait au contraire, pour atteindre 600 volts.

(¹) *E. T. Z.*, 1891, p. 4.

Des recherches, entreprises à ce sujet par Fleming ont montré que la tension le long du câble restait constante, mais que le coefficient de transformation du transformateur était modifié par suite de la capacité dans le circuit de ce dernier.

Même envisagé de la sorte, le phénomène pourrait paraître paradoxal. On s'est en effet habitué à l'idée que toute charge produit une diminution du travail; il est bon de se rappeler qu'en faisant débiter un transformateur, ou ce qui revient ici au même, la machine, sur un condensateur, on ne lui demande pas de travail, puisque le courant est déphasé en quadrature.

Le transformateur ainsi que la machine ne fournissent qu'une partie insignifiante d'énergie, dépensée dans les conducteurs. Le procédé ci-dessus présente quelque analogie avec la méthode de Hopkinson pour l'essai de deux grandes dynamos au moyen d'une petite (¹).

Causes de l'augmentation de tension aux bornes des enroulements secondaires des transformateurs. — L'auteur passe ensuite à la revue des causes qui peuvent produire l'augmentation de tension aux bornes des enroulements secondaires des transformateurs. Ceci n'a lieu que dans des appareils qui présentent une dispersion notable du champ magnétique. Le phénomène est limité par le fait que les flux magnétiques produits par les enroulements primaire et secondaire vont à la rencontre l'un de l'autre, et une partie des lignes de force passe à l'extérieur.

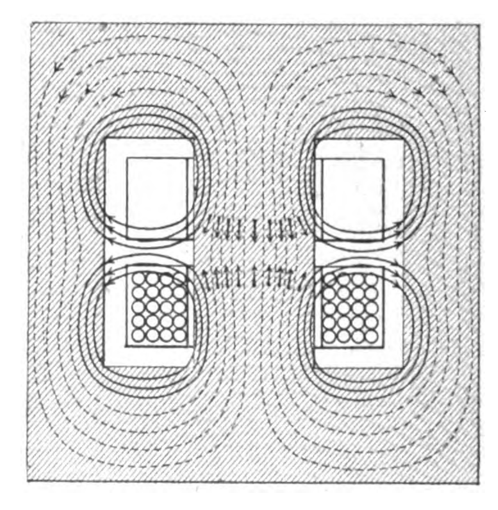


Fig. 13.

La figure 13 représente un transformateur élévateur

(¹) *Electritchestvo*, 1899, nᵒˢ 10, 11, 15, 16.

de tension ; les forces électromotrices qui correspondent aux deux enroulements, dirigés en sens inverse, sont représentées par des flèches courtes. Les lignes fermées représentent des circuits magnétiques de dispersion. Le champ magnétique principal, commun aux deux enroulements, est représenté par des lignes hachurées. Ce champ ne coïncide pas en phase avec les circuits de dispersion magnétique. On peut se représenter un transformateur avec dispersion magnétique, comme équivalent à un transformateur sans dispersion mais ayant dans les enroulements primaire et secondaire des bobines de réaction (fig. 14).

Fig. 14.

Dans ces conditions un transformateur, placé dans le circuit alternatif, va produire le retard du courant par rapport à la force électromotrice.

La bobine C_1 va agir indépendamment, la bobine C_2 produirait le retard du courant dans le circuit secondaire, il s'ensuivrait un retard dans le circuit primaire. Un tel transformateur va donc produire le glissement de phases, suivi d'une diminution du courant utile.

Supposons ensuite qu'on ait introduit dans le même circuit un condensateur qui est la source d'une nouvelle force électromotrice agissant dans un sens opposé à l'action de la self-induction. On aurait ainsi paralysé, en quelque sorte l'influence retardatrice des bobines de réaction, et la tension dans le circuit va augmenter. Mais on produirait ainsi des conditions de résonance de tension puisque la self-induction des transformateurs et la capacité des câbles se trouveraient réunies en série. Il faut avoir soin de faire une distinction entre ces deux facteurs : l'augmentation de tension, due à la résonance, est le résultat d'une accumulation de l'énergie qui passe alternativement du condensateur à la self-induction et en sens inverse, ce qui demande une durée du moins égale à quelques périodes du courant alternatif.

L'action retardatrice du condensateur sur le courant se manifeste déjà pendant la durée d'une seule période.

Malgré cette distinction on trouve chez Kapp [1], chez Feldman et chez Gerard, une confusion à ce sujet. Kapp notamment dit qu'il serait plus juste de donner à l'effet Ferranti le nom de résonance puisque en réalité cet effet est dû à la résonance entre la capacité et la self-induction.

L'auteur est d'avis qu'il y aurait lieu de considérer les deux facteurs à la fois, c'est-à-dire la résonance et la *paralysation* de la self-induction.

Quelques chiffres des expériences à la station de Deptford. — Afin de caractériser l'étude du phénomène il cite quelques chiffres d'après un rapport de Fleming au sujet des expériences à la station de Deptford. La machine fut excitée par un courant de 62 A en développant 1875 V aux primaires des transformateurs, et 7500 V aux secondaires. On faisait débiter le transformateur dans des câbles d'une capacité de 4,2 microfarads, et avec le même courant d'excitation on pouvait noter une augmentation de tension de la machine de 14,5 pour 100 et, indépendamment de cette augmentation, un accroissement du coefficient de transformation de 5 pour 100 ; en augmentant la charge du transformateur par un condensateur d'une capacité de 7,7 microfarads, on constata l'augmentation de la tension de la machine de 33 pour 100 et du coefficient de transformation de 10 pour 100 [1].

Quoique les quelques cas ci-dessus d'augmentation de tension paraissent être assez simples, la question est en elle-même des plus compliquées, et ne trouve pas, dans bien des cas, d'explication satisfaisante. Il se produit à l'intérieur de réseaux électriques des actions peu connues, qui demandent l'emploi de procédés plus exacts que celui du micromètre à boule pour la mesure de l'étincelle.

L'auteur croit qu'à côté de la photographie on pourrait employer avec succès le tube de Braun et les oscillographes. C. D. KOUBITZKI.

EXPOSITION ANNUELLE

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

(*Suite et fin* [2].)

Protection des lignes aériennes de transport d'énergie à haute tension à courants alternatifs. — Un des plus graves inconvénients des lignes aériennes à haute tension réside principalement dans l'éventualité d'une rupture pouvant amener les conducteurs à venir en contact avec les passants.

De telles ruptures, peu à craindre pour les canalisations principales de gros diamètre, sont plus fréquentes pour les dérivations de moindre puissance et partant de faibles sections.

Les filets de protection sont onéreux, lourds et encombrants. Leur emploi est forcément limité à une faible fraction de la ligne : croisements de routes, ou de voies ferrées.

Un dispositif automatique de mise à terre à placer sur chaque poteau est, à cause du grand nombre d'appareils à installer, coûteux, d'un entretien difficile et partant inefficace (accident de Wattrelos).

Le dispositif suivant, dû à M. L. Neu, construit par la *Société industrielle des téléphones*, paraît de nature à diminuer dans de très grandes proportions les chances

(1) *Transformatoren*, p. 125.

(1) Fleming, *Transformatoren*, II, p. 407.
(2) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 521, p. 201 et 522, p. 256.

d'accident : il consiste à munir la ligne à son origine d'un disjoncteur entrant automatiquement en action en cas de rupture d'un des conducteurs.

Nous indiquerons ci-après l'application au cas du courant triphasé : de légères variantes en permettent l'emploi pour le courant alternatif simple ou le continu.

L'actionnement du disjoncteur peut être obtenu par deux procédés distincts suivant que l'on désire un seul disjoncteur à la station centrale ou un disjoncteur à l'origine de chaque branchement.

Dans le premier procédé, le disjoncteur D est actionnable par un relais RD alimenté par le secondaire d'un transformateur T dont le primaire est relié d'une part à un point neutre A de la distribution et d'autre part à la terre; cette dernière liaison étant faite soit directement, soit par l'intermédiaire d'un parafoudre P à faible distance d'éclatement.

A l'extrémité de la ligne, on relie également le point neutre B à la terre directement ou par l'intermédiaire d'une résistance ou bobine de self et d'un parafoudre à faible distance d'éclatement (fig. 1).

Les deux points neutres de tête et d'extrémité de ligne

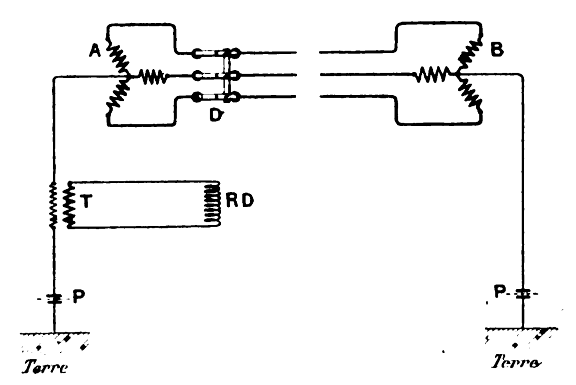


Fig. 1. — Disjonction par différence de tension entre points neutres et extrêmes.

Légende commune à toutes les figures. — A, origine de la ligne. — B, extrémité de la ligne. — *c*, contact accidentel. — *d*, défaut d'isolement. — D, disjonction. — E, électrodéclencheur du court-circuiteur. — P, parafoudre à papier. — RD, relais du disjoncteur. — S, self-inductions du court-circuiteur.

sont ainsi sensiblement au même potentiel, tant que les trois fils sont intacts, quels que soient les débits respectifs des trois phases, car l'alternateur générateur maintient à l'origine des tensions sensiblement égales sur les trois phases, et les pertes en ligne ne sont qu'une faible fraction de la tension totale.

Si un fil casse, il se produit immédiatement entre les deux points neutres d'origine et d'extrémité de ligne, une différence élevée de potentiel; le relais entre en action et le disjoncteur ouvre.

L'interposition des parafoudres n'a d'intérêt qu'au cas où on craindrait que les petites différences de potentiel qui, en marche normale, existent entre les deux points neutres, ne produisent de petits courants de circulation de nature à troubler les communications téléphoniques voisines qui empruntent des retours par la terre.

Des essais faits à la Compagnie des chemins de fer du Nord sur une ligne triphasée à 3500 v, et à l'usine de Valenciennes sur une ligne à 5000 v, ont montré une différence de temps inappréciable entre l'instant de la rupture de la ligne et celui de l'ouverture du disjoncteur.

Le dispositif ci-dessus décrit placé en tête de ligne présente de plus l'intérêt suivant :

Au cas où l'isolement des fils de ligne tomberait à une faible valeur, il se produira de même une circulation de courant entre le défaut d'isolement *d* et le point neutre de tête de ligne, et le disjoncteur s'ouvrira (fig. 2).

S'il se produit un contact intempestif entre un des

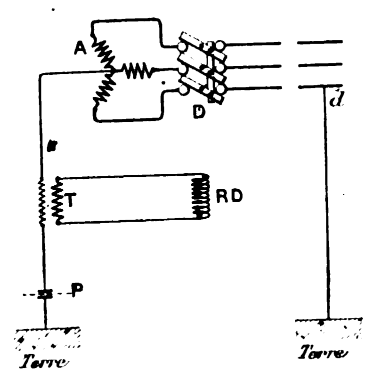


Fig. 2. — Disjonction par défaut d'isolement.

conducteurs haute tension et un fil téléphonique ou télégraphique, comme de tels fils sont munis de parafoudres à faible distance d'éclatement, l'ouverture du disjoncteur se produira également instantanément, rendant ainsi le contact inoffensif.

Il en sera de même dans le cas où il se produirait un contact *c* entre la canalisation haute tension et la canalisation secondaire basse tension, celle-ci étant également munie de parafoudres à faible distance d'éclatement (fig. 3).

Dans le deuxième procédé, on place en tête de chaque

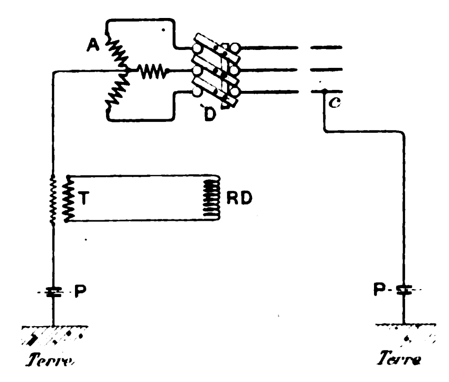


Fig. 3. — Disjonction par contact avec une ligne télégraphique ou téléphonique.

ligne ou branchement un disjoncteur automatique d'un des types courants de disjoncteur à maximum et on le règle à la manière usuelle, par exemple, pour ouvrir au cas où l'intensité du courant parcourant le branchement atteindrait le double de la valeur normale maximum.

A l'extrémité du branchement B, on installe un appareil que nous désignerons sous le nom de court-circuiteur, qui comporte un ressort dont la détente provoque le déplacement d'une tige qui vient établir un contact entre les extrémités de trois résistances ou bobines de self S dont les trois autres extrémités sont reliées respectivement aux trois fils de ligne directement ou avec interposition de transformateurs. Le ressort est maintenu bandé par un taquet. Ce taquet peut être poussé en arrière par l'armature mobile d'un électro E. L'excitation de cet électro est obtenue en ajoutant les actions des ampèretours, empruntés directement ou par l'intermédiaire de transformateurs à trois enroulements branchés en dérivation sur les trois phases et connectés à volonté en triangle ou en étoile (fig. 4).

Tant que la ligne est intacte, la somme des ampère-

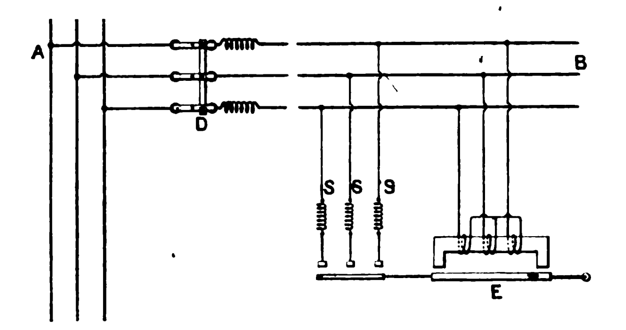


Fig. 4. — Disjonction par mise en court-circuit artificielle à l'arrivée en cas de rupture d'un fil. (Montage sans mise à la terre.)

tours d'excitation est constamment nulle; au contraire, dès qu'un des fils casse, l'électro s'excite et son armature mobile vient dégager le taquet.

On peut également brancher cet électro directement ou par l'intermédiaire d'un transformateur entre un point neutre d'extrémité de ligne et la terre (fig. 5).

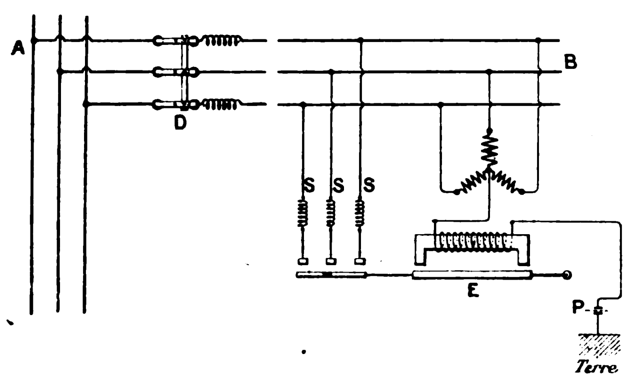


Fig. 5. — Disjonction par mise en court-circuit artificielle à l'arrivée en cas de rupture d'un fil. (Montage avec mise à la terre d'un point neutre.)

Dès que le court-circuiteur fonctionne, les trois fils de ligne sont reliés par les résistances ou bobines de self; les conducteurs restant intacts sont parcourus alors par un courant intense qui provoque le déclenchement du disjoncteur à maximum placé en tête du branchement.

Les résistances ou bobines de self sont par exemple calculées pour laisser passer un courant double du courant normal maximum.

L'emploi de bobines de self est préférable à celui de résistances dénuées de self-induction, car le courant intense en question est alors du courant en quadrature qui produit l'ouverture du disjoncteur sans donner d'à-coup violent sur les moteurs actionnant les alternateurs générateurs.

Ce second procédé a l'avantage, qu'un accident arrivant sur un branchement, met seulement ce branchement hors circuit, sans arrêter complètement toute l'exploitation.

En résumé, le dispositif décrit n'emploie que des appareils à placer seulement aux extrémités de ligne et permet d'assurer l'ouverture instantanée du disjoncteur de tête de ligne au cas où il se produit : soit une rupture de fil, soit un défaut d'isolement, soit un contact intempestif avec une ligne téléphonique ou avec un fil d'un réseau d'énergie à basse tension.

Ces dispositifs permettent donc d'augmenter dans de grandes proportions le coefficient de sécurité des canalisations haute tension, sans nécessiter une grande complication d'installation ou d'entretien.

Condensateurs industriels système Moscicki. — A la suite des recherches entreprises par l'auteur sur la construction de condensateurs pratiques, *M. de Modzelewski*, de Fribourg, a entrepris leur fabrication, et a présenté à la Société de physique les premiers appareils réalisés.

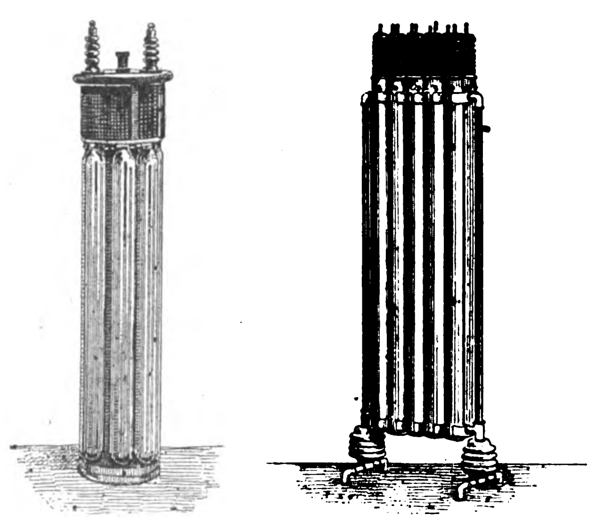


Fig. 1. Fig. 2.

Ces appareils, en verre de Bohême, sont constitués par 6 tubes fermés à la partie inférieure, argentés intérieurement et renforcés à la partie supérieure. L'armature extérieure est constituée par une solution légèrement acidulée dans laquelle plongent les tubes et qui est renfermée elle-même dans un vase cylindrique en verre de 40 cm de hauteur et de 10 cm de diamètre (fig. 1 et 2).

Le verre a une rigidité diélectrique de 1 500 000 volts

par cm, mais en pratique on est loin de cette limite. La capacité de l'appareil est de 0,017 microfarad; il peut supporter normalement une tension efficace de 10 000 volts à la fréquence de 50 périodes par seconde. La perte ne dépasse pas 1 pour 100 de la puissance apparente du condensateur, pour un champ électrostatique de 250 000 volts par cm et la fréquence 50. En pratique, les pertes réelles sont inférieures, car le condensateur n'est jamais soumis à un champ électrostatique aussi intense.

Une batterie de condensateurs occupant 1 m³ a une puissance apparente de 80 kilowatts à 10 000 volts efficaces et à la fréquence 50.

Lampe à vapeur de mercure en tube de quartz. — Le quartz fondu a une température de fusion qui dépasse de 800° celle du verre ordinaire. On fabrique aujourd'hui industriellement des flacons, des ballons, des tubes, des creusets, etc., qui résistent aux changements de température les plus brusques, résistent aux agents chimiques et laissent passer les radiations ultra-violettes que le verre intercepte. Les établissements Poulenc frères exposaient une lampe à vapeur de mercure en quartz, construite par *M. Heraeus*, alimentée sous une tension de 110 volts, consommant 300 à 400 watts, et produisant une lumière intense, très riche en rayons ultra-violets, et d'un emploi précieux pour la photographie.

Sels de radium. — Les sels de radium sont aujourd'hui dans le commerce, et il nous semble curieux d'indiquer les prix auxquels on peut se les procurer, d'après leur activité rapportée à celle de l'uranium métallique pris comme unité. Alors que le gramme ne coûte que 40 fr pour une activité égale à 100, son prix s'élève à 10 000 fr pour une activité de 50 000, et atteint 100 000 fr pour une activité de 500 000. Le bromure de radium pur coûte 400 000 fr (quatre cent mille francs) le gramme.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Le gaz pauvre. — Il y a quelque temps le Dr Bornaw a donné lecture devant la Société des ingénieurs électriciens de Leeds d'une communication qui traita principalement de l'emploi du gaz pauvre pour l'exploitation des stations centrales. Il est d'avis que les appareils producteurs de gaz sous pression qui emploient le charbon bitumineux ne doivent pas être employés dans une installation de moins de 1000 poncelets. Avec une installation de cette puissance en employant du charbon bitumineux et en utilisant les résidus on peut obtenir l'énergie à près de 2,7 centimes par poncelet-heure sans y comprendre l'amortissement du capital.

Avec l'installation du gaz Dowson par aspiration et en employant de l'anthracite ou du coke, on peut obtenir l'énergie à 6 centimes par poncelet-heure. Puis il décrit le *Dynamic Gas Producer* qu'il considère le plus parfait de son type.

Comme suite à l'objection principale qu'il fait au gazogène à succion, c'est-à-dire qu'on ne peut pas l'employer pendant longtemps avec une faible charge, il ajoute que la limite d'un bon fonctionnement continu est approximativement le cinquième de la pleine charge. Il ne donne aucun avantage pour une installation de gaz où les appareils de production correspondent à plus de 1500 poncelets, mais il dit qu'avec de petites unités de 100 à 400 poncelets on peut obtenir autant d'économie qu'avec les plus grandes installations à vapeur ou hydrauliques même marchant dans les conditions les plus favorables. L'économie effectuée en employant une installation de gaz à succion en comparaison avec le gaz de ville varie entre 50 pour 100 lorsque le gaz de ville est payé 5,6 centimes par m³, à 84 pour 100, lorsque le gaz est à 17,6 centimes par m³.

Le résultat d'un essai exécuté aux usines de construction du *Dynamic gas Producer* avec une machine donnant 8,6 poncelets accuse une consommation de 537 grammes d'anthracite par poncelet-heure, matière, coûtant 40 fr la tonne. Le prix du gazogène est de 2750 fr et celui de la machine de 2625 fr, de plus la dépense d'exploitation pour 10 heures par jour arrive à 5,1 centimes par heure. Ce rapport prévoit le quart du temps d'un employé à 31 fr par semaine, et une indemnité pour loyer, impôts, intérêt et dépréciation de 10 pour 100 par an.

Fabrication électrolytique des métaux alcalins. — MM. Baker et Burwell viennent de découvrir un procédé assez simple pour obtenir les métaux alcalins; ils opèrent de la façon suivante : un sel alcalin est électrolysé avec une cathode de mercure pour produire un amalgame. L'amalgame est chauffé en présence d'hydrogène jusqu'à production d'un hydrure alcalin, puis le mercure est chauffé jusqu'à être volatilisé. On emploie le mercure que l'on a eu soin de condenser de nouveau dans l'opération électrolytique suivante.

Influence du coefficient d'utilisation sur le prix de la force motrice. — M. Archibald B. Sc. a récemment fait sur ce sujet une communication à la *Canadian Society of Civil Engineers*. Le conférencier examine en quelle proportion le prix de la force motrice intervient dans les dépenses d'exploitation, (celles-ci sont pratiquement constantes avec un système donné). Il donne ensuite les prix pour les cas spéciaux ci-après : 1° Une installation présentant une charge de 750 kw à la pointe, disposant pour cela de trois unités de 300 kw chacune pouvant fournir une surcharge de 25 pour 100; ne disposant d'aucun économiseur ni de chauffeur automatique et d'aucun appareil pour charger le charbon. Dans les essais on a mesuré indépendamment la dépense avec la marche (*a*) à condensation, et (*b*) à échappement libre.

2° Pour une charge maxima de 1500 kw à la pointe on dispose de trois unités chacune de 600 kw. Les condenseurs et les chauffeurs automatiques sont employés, mais il n'y a aucun économiseur ou appareil pour manipuler le charbon.

3° Enfin une installation à gaz pauvre prévue pour une charge maxima de 750 kw à la pointe utilise trois unités chacune de 300 kw pouvant fournir 25 pour 100 de surchage. On remarquera en passant que la surchage d'une machine à gaz est à celle d'une machine à vapeur à peu près comme 15 est à 50, une machine à gaz de 530 poncelets sera donc équivalente à une machine à vapeur de 450 poncelets de réserve. Ainsi à la charge normale (300 kw) la machine à gaz est à 30 pour 100 au-dessous de la pleine charge, elle travaille alors avec un mauvais rendement.

On admettra que le coût de première installation est de 650 fr par kw (1 *a*); 635 fr pour (1 *b*); 670 fr pour (2) et pour 930 fr pour (3). Avec l'intérêt à 5 pour 100, les impôts et l'assurance 2 pour 100, la dépréciation des machines à 10 pour 100 et la dépréciation des bâtiments à 3 pour 100, les charges fixes s'élèvent respectivement à 8 560 880 fr; 8 231 380 fr; 18 159 380 fr; et 13 040 250 fr par an pour les installations.

Les coûts ci-dessus correspondent à un coefficient d'utilisation de 100 pour 100; en tenant compte de la plus petite puissance demandée au moment où le facteur de charge est le plus bas.

Par exemple, avec un facteur de charge de 40 pour 100 — un chiffre ordinaire — les charges fixes sont réduites à 6 pour 100 en surchargeant les chaudières au moment de la pointe.

Dans les installations à gaz le coût des réserves sous forme de batteries d'accumulateurs pour faibles charges est à peu près égal à celui d'un producteur un peu plus grand; sur cette base modifiée on peut dresser les courbes des charges fixes en centimes par kw-h pour les facteurs de charge de l'unité à 0,1 dans chacun des 4 cas.

Les charges d'exploitation, les salaires, l'huile, les chiffons, l'eau, les réparations, etc. et le charbon diffèrent avec le facteur de charge.

La consommation de charbon par kw-h varie beaucoup avec le facteur de charge, avec sa puissance thermique et l'habileté du chauffeur.

Il y a une plus grande économie dans les installations à gaz que dans celles à vapeur au moment de la marche avec un facteur de charge élevé, mais cette économie est moindre aux faibles charges à cause des frais importants nécessités par l'installation des machines à gaz. De plus, quelle que soit la valeur du charbon, l'économie la plus grande est obtenue avec le gaz sur la vapeur à tous les facteurs voisinant la pleine charge.

La loi et les Trades-Unions. — Dernièrement un procès dont les conséquences sont importantes se déroula devant la chambre des Lords. Pendant ces dernières années une modification a été introduite dans les lois se rapportant aux Sociétés.

Autrefois, les ouvriers pensaient que leurs actions étaient hors du domaine de la loi — qu'ils pouvaient user de la violence ou de l'intimidation, qu'ils pouvaient rompre les contrats entre patrons et employés, et que personne de ceux appartenant aux trades-unions ne devait obéissance à la loi. Actuellement tout cela est changé, et par suite d'un procès récemment engagé entre la Clamorgan Coal C° contre la Société Wales Miners Federation un changement radical va se produire sur cette fausse interprétation. — Les faits sont en deux mots les suivants. En 1900 il se produisit un mécontentement chez les ouvriers du Sud du pays de Galles à cause de la mobilité des salaires. La Fédération, en vue de s'intéresser au prix du charbon, parait avoir pensé que si la production était diminuée, le prix du charbon pourrait être élevé à l'avantage du maître et de l'ouvrier dans la même proportion. Dans cet ordre d'idées, il a été entendu qu'il y aurait un jour d'interruption de travail. Les patrons ont fait objection à cela, et ont menacé d'un procès si la Trades-Union ordonnait encore d'autres jours d'arrêt, mais la Fédération a passé outre et a décidé qu'il y aurait d'autres jours d'arrêt en 1901. Il en résulta que beaucoup de mines sont resté inoccupées, et une grande perte en est résultée pour les propriétaires. Il faut bien remarquer que le fait pour les ouvriers de cesser à travailler un jour seulement entrainait une violation de leurs contrats de travail. Les propriétaires se sont syndiqués et ont intenté un procès en alléguant que les accusés connaissaient très bien les termes et les conditions des contrats de travail par lesquels les ouvriers employés aux mines travaillaient, Ils montrèrent qu'on avait malicieusement persuadé à ces ouvriers de rompre leur contrat de travail et en les rompant, de cesser, sans donner aucune notification, de travailler à ces mines certains jours de l'année.

Après une longue procédure le différend est arrivé devant la chambre des Lords, où gain de cause a été donné aux plaignants. L'intérêt principal du procès se trouve dans la défense. On a reconnu que la Fédération avait persuadé aux ouvriers de rompre leurs contrats, mais on a discuté pour montrer qu'ils avaient une bonne excuse pour le faire — c'est-à-dire, que dans l'esprit de la Fédération, le prix du charbon serait monté. Il faut bien remarquer cependant que les propriétaires ne furent pas consultés sur ce sujet. Lord Lindle, dans son jugement a dit que la Fédération n'avait pas seulement conseillé mais aussi commandé aux ouvriers de cesser leur travail. — Le morale de ce procès est qu'il n'est nullement justifié que l'on doive persuader à un ouvrier de rompre son contrat, parce que d'après l'avis des Trades-Union on pense qu'il résultera de cette violation une amélioration pour les traitements du propriétaire et de l'employé. Il est à espérer que le jugement de la Chambre des Lords montrera aux Trades-Unions qu'ils ne doivent pas recourir impunément aux méthodes violentes d'autrefois. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 15 mai 1905.

Sur la rigidité électrostatique des gaz aux pressions élevées. — Note de MM. Ch.-Eug. Guye et H. Guye. (*Extrait.*) — L'intérêt très actuel que présente la décharge disruptive dans les gaz nous a engagés à étudier l'influence des pressions élevées sur le potentiel explosif. Les gaz en expérience, soigneusement purifiés et desséchés, ont été : l'azote, l'air, l'oxygène, l'hydrogène et l'anhydride carbonique. (Suit le détail des expériences.)

L'examen des résultats obtenus conduit aux conclusions suivantes :

1° Jusqu'aux environs de 10 kg:cm², le potentiel explosif croît linéairement avec la pression; ce résultat confirme donc les expériences de M. Wolf, effectuées dans ces limites.

2° Pour des pressions plus élevées, le rapport du potentiel explosif à la pression va en diminuant; les courbes représentatives du potentiel explosif en fonction de la pression ont dans leur ensemble une allure parabolique que nous nous réservons de discuter ailleurs.

3° Dans toutes nos expériences sur l'azote, la courbe du potentiel explosif a montré un maximum dans le voisinage du maximum de compressibilité de ce gaz ($pv =$ minimum). Les expériences sur l'air ont montré également un léger relèvement de la courbe pour $p = 65$ m de mercure.

4° Avec l'hydrogène et l'oxygène, pour lesquels le minimum de pv se trouve en dehors de la limite de nos expériences, nous n'avons rien constaté de semblable.

5° Les quelques expériences effectuées sur la rigidité électrostatique de CO^2 au voisinage du point critique semblent indiquer une diminution du potentiel explosif en ce point; toutefois la décomposition partielle du gaz qui doit résulter du passage de l'étincelle rend alors le phénomène plus complexe qu'avec les gaz précédents et l'interprétation devient délicate.

6° Des expériences effectuées en présence d'un sel de radium ou en faisant agir les rayons X n'ont pas donné de résultats sensiblement différents.

Sur les effets respectifs des courants de Foucault et de l'hystérésis du fer sur les étincelles oscillantes. — Note de M. G.-A. Hemsalech, présentée par M. Lippmann. (*Extrait.*) — On sait (¹) que, en introduisant un noyau de fer dans une bobine de self-induction placée dans le circuit de décharge d'un condensateur, les oscillations sont plus ou moins détruites selon la constitution du noyau. Ainsi, un tuyau mince de fer détruit toutes les oscillations sauf la première sans changer sensiblement leur fréquence, tandis qu'un noyau composé de fils de fer isolés diminue leur fréquence sans toutefois les amortir autant. Dans le premier cas, nous avons deux causes qui influent : les courants de Foucault et le magnétisme du fer. Dans le deuxième cas, l'influence des courants de Foucault est presque supprimée. Les expériences suivantes ont été entreprises dans le but de différencier ces deux causes et de préciser l'action de chacune d'elles. (Suit le détail des expériences.)

En résumé *les courants de Foucault augmentent la fréquence d'oscillations sans influer sur le nombre des oscillations dans chaque décharge.* L'hystérésis du fer détruit les oscillations et en diminue plus ou moins la fréquence.

En terminant, mentionnons encore les faits suivants, qui sont tous facilement démontrés à l'aide de notre dispositif :

1. Si, après avoir détruit les oscillations à l'aide du cylindre en fer, on glisse le cylindre en zinc entre celui de fer et la paroi de la bobine de manière à former écran autour du fer, les oscillations reparaissent avec la fréquence augmentée par les courants de Foucault.

2. Un circuit magnétique fermé a donné le même résultat qu'un circuit ouvert.

3. Deux cylindres de fer (fendus) de 50 cm de long chacun, introduits dans la bobine et isolés l'un de l'autre par une plaque de bois de 2 cm d'épaisseur, ont le même effet qu'un seul cylindre de 1 m de long.

4. Avec un noyau (50 cm de long et 10 cm de diamètre) composé d'un grand nombre de fils de fer doux (diamètre du fil : 1 mm), on aperçoit encore trois oscillations complètes et la fréquence d'oscillations est *diminuée considérablement*, comme l'a déjà observé pour ce cas M. Marchant (¹).

Étude de la puissance radiographique d'un tube à rayons X. — Note de M. S. Turchini, présentée par M. d'Arsonval. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Sur la conductibilité des gaz issus d'une flamme. — Note de M. Eugène Bloch, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Sur l'ionisation et le coefficient des solutions aqueuses. — Note de M. Georges Meslin, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Propriétés de la pyrrhotine dans le plan magnétique. — Note de M. Pierre Weiss, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 22 mai 1905.

De l'hystérésis magnétique produite par un

(¹) J.-J. Thomson, *Smithsonian report*, p. 251. Washington, 1893. — J.-A. Fleming, *Electrical oscillations and electric waves*, p. 18-20; *Cantor Lectures*, London, 1901. — G.-A. Hemsalech, *Thèse de Doctorat*, p. 12-20. Paris, 1901.

(¹) *Nature* (London), t. LXII, 1900, p. 113.

champ oscillant superposé à un champ constant. Comparaison entre la théorie et l'expérience. — Note de M. P. Duhem. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Séance du 29 mai 1905.

Transmission précise de l'heure par le téléphone. — Note de M. E. Guyou. — A la suite d'un vœu exprimé par la Chambre syndicale de l'Horlogerie de Paris, l'Observatoire du Bureau des Longitudes s'est occupé de rechercher un procédé permettant d'utiliser, pour la transmission précise de l'heure, les facilités de communication que procure aujourd'hui le réseau téléphonique.

On peut évidemment transmettre l'heure soit par l'envoi d'un signal à un instant convenu, soit en énonçant verbalement les battements de la pendule. Mais ces procédés ne sont pas susceptibles d'une grande précision; et ce qu'il s'agissait d'obtenir c'est un moyen de transmission susceptible de fournir au destinataire les mêmes résultats que s'il se trouvait auprès de la pendule elle-même.

Ce desideratum a été réalisé par la transmission directe du bruit des battements de la pendule, au moyen d'un microphone spécial introduit dans la boîte de l'instrument, sans faire intervenir, bien entendu, aucun contact électrique susceptible d'en troubler le mouvement. L'expéditeur se borne à numéroter à la voix deux ou trois battements et le destinataire continue à compter à l'oreille.

Ce procédé essayé, dans le réseau parisien d'abord, puis dans le réseau général, a donné d'excellents résultats. L'heure a été transmise avec plein succès à Paris au Service des chronomètres de la Marine et à plusieurs horlogers de précision. Enfin, le 25 mai, le contre-torpilleur l'*Escopette*, actuellement à Brest, a pu régler ses chronomètres sur la pendule de l'Observatoire de Montsouris, et, le surlendemain, le directeur de l'Observatoire de la marine à Lorient, le lieutenant de vaisseau E. Perret, a pu comparer son heure à la nôtre. M. Perret, qui est très habile observateur, a pu ainsi constater qu'en tenant compte de la différence de longitude adoptée, elles étaient d'accord à $0^s,15$ près.

Ce mode de transmission de l'heure paraît appelé à rendre de très grands services à l'horlogerie et aux établissements scientifiques qui ont besoin de connaître l'heure avec précision, et cela, non seulement à Paris, mais encore dans toutes les localités reliées au réseau téléphonique. Les ports de guerre et de commerce pourraient se dispenser d'établir des observatoires astronomiques pour régler les chronomètres des navires en partance; il leur suffirait de posséder une pendule ou même un chronomètre et de régler de temps à autre cet instrument par le téléphone.

Il pourrait même être utilisé pour la détermination des longitudes; grâce à la transmission directe des battements, les observateurs des deux stations pourraient, en effet, noter les heures de leurs observations à une seule et même pendule.

L'Observatoire du Bureau des Longitudes, actuellement muni de quatre bonnes pendules, a organisé un service de comparaisons journalières analogue à celui qui est appliqué sur les navires en mer pour déduire d'un groupe de chronomètres l'heure de Paris nécessaire à la détermination des longitudes. De sorte que, actuellement, de tous les postes du réseau téléphonique, on peut obtenir l'heure moyenne de Paris avec toute la précision que peut réaliser un observatoire, muni de quatre bonnes pendules réglées astronomiquement toutes les fois que le temps le permet, et contrôlées l'une par l'autre dans l'intervalle des observations.

Fabrication électrolytique de fils métalliques très fins. — Note de M. Henri Abraham, présentée par M. J. Violle. — J'ai employé un mode opératoire assez voisin du procédé de fabrication des fils de platine dits à la *Wollaston*, et qui est bien connu.

Le fil dont on veut diminuer la section est pris comme électrode positive dans une électrolyse ; on mesure de temps en temps sa résistance électrique, et l'on arrête le courant quand la section du fil a atteint la valeur voulue.

Le courant est amené à la fois aux deux bouts du fil par des tiges métalliques auxquelles le fil a été soudé. On a soin que ces tiges ne plongent pas dans le bain électrolytique pour éviter la formation de couples locaux. Le fil pend librement en dessous de ces tiges, et il est maintenu dans le bain par deux crochets de verre auxquels on donne une forme en col de cygne, afin que, lorsqu'on retirera le fil, il ne se produise pas de lame liquide dont la tension superficielle pourrait amener la rupture du fil.

L'expérience se fait commodément dans une cuvette photographique en porcelaine où le fil est très visible. Le fil, les tiges métalliques et les crochets de verre sont fixés sur un support en ébonite dont la forme est facile à concevoir.

Le bain doit être très dilué, afin que sa résistivité soit très grande, et que, par conséquent, le courant se distribue uniformément sur toute la longueur du fil sans qu'il soit besoin de donner aux deux électrodes une position relative rigoureusement définie. Presque toute la résistance du liquide se trouve en effet au voisinage immédiat du fil fin.

On peut employer, comme bain, de l'eau distillée contenant quelques millièmes de son poids de sulfate de cuivre, pour le traitement des fils de cuivre, ou bien une quantité analogue de nitrate d'argent pour le traitement des fils d'argent.

L'opération doit être conduite très lentement, afin que le sel métallique qui se forme autour du fil ait le temps de se diffuser dans le bain. Faute de cette précaution, le régime de l'électrolyse devient instable. Là où, par hasard, le courant aura été trop fort, il se sera formé un excès de sel; le bain y est donc devenu trop conducteur, le courant y augmente, et le fil est bientôt coupé. Si on laisse, au contraire, assez de temps au sel formé pour qu'il puisse se diffuser dans le bain, le régime de l'élec-

trolyse est stable. Ce sont, en effet, les parties les plus épaisses du fil qui sont rongées de préférence, puisque c'est au voisinage de ces points que la résistance de la couche liquide voisine est la plus faible.

Les intensités de courant qui conviennent sont de l'ordre du centième d'ampère par centimètre carré de surface de fil. On diminue l'intensité à mesure que le fil devient plus fin : la fabrication d'un bon fil peut durer une demi-heure.

Voici deux exemples de résultats *très faciles à obtenir* et qui sont loin d'être à la limite de ce que l'on peut faire :

Nous caractériserons chaque fil par le couple nécessaire pour en tordre une longueur de 1 cm d'un angle de $\frac{1}{2000}$ de radian, qui correspondrait à une déviation de 1 mm à 1 m.

1° Fil de cuivre rond, diamètre initial 21 microns. Le traitement électrolytique a été continué jusqu'à ce que sa résistance fût devenue 1,5 fois plus grande :

Valeur du couple avant traitement. . . .	0,00060	dyne-cm.
Valeur du couple après traitement. . . .	0,00005	—

2° Fil plat en bronze phosphoreux ayant près de $\frac{2}{10}$ de millimètre de large sur un peu plus de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur. Le traitement électrolytique a été continué jusqu'à ce que sa résistance fût devenue 12 fois plus forte.

Valeur du couple avant traitement. . . .	0,008	dyne-cm.
Valeur du couple après traitement. . . .	0,00006	—

J'ajouterai encore que les fils traités avec les précautions indiquées conservent une homogénéité suffisante pour qu'on puisse calculer approximativement leur nouvelle charge de rupture tout simplement en divisant leur charge de rupture ancienne par le rapport de leur résistance électrique actuelle et de leur résistance électrique initiale.

JURISPRUDENCE

ÉCLAIRAGE A L'ÉLECTRICITÉ — ABONNEMENT — POLICE MINIMUM DE CONSOMMATION

Les contrats passés entre les Compagnies d'éclairage à l'électricité et leurs abonnés, quelque variables qu'ils soient dans les détails, présentent presque toujours des clauses identiques. On y prévoit la durée de l'abonnement, le nombre des lampes à alimenter, le prix de la fourniture d'après une unité de mesure déterminée généralement à l'aide de compteurs. Ce sont les clauses fondamentales de toutes polices.

Lorsque le contrat se borne à ces énonciations, il paraît raisonnable d'admettre que l'abonné n'est tenu de payer que ce qu'il consomme. D'où il suit logiquement que s'il ne consomme rien il ne doit rien payer

Faut-il en dire autant dans le cas où la consommation ayant été prévue uniquement pour un nombre de lampes déterminé, le prix de la fourniture a été fixé pour ainsi dire en bloc? La question peut paraître plus douteuse. Il est permis de soutenir alors que dans l'établissement d'un prix global on fait entrer en ligne de compte une certaine moyenne de consommation. Cependant nous ne sommes pas disposé pour notre part à penser qu'une semblable clause suffit pour faire disparaître la liberté de l'abonné, et il nous paraîtrait préférable en pareil cas de faire prévaloir encore le principe, que la consommation réelle doit être la base de la rémunération exigible.

Aussi pour couper court à toute discussion semblable, certaines Compagnies ont-elles pris pour habitude de prévoir dans leur police un certain minimum de consommation. A une pareille disposition il est évident qu'il n'y a rien à objecter. La convention fait la loi des parties. Pour qu'elle soit obligatoire encore faut-il toutefois qu'elle n'ait pas échappé à l'attention des parties contractantes et qu'elle ait fait véritablement entre elles la matière d'une convention. Si la Compagnie s'est arrangée de façon à ce qu'elle passe inaperçue, si elle figure dans l'acte à une place telle que l'abonné puisse soutenir avec raison que la signature qu'il a donnée ne s'y appliquait pas, il ne faut pas s'étonner que les tribunaux n'en tiennent aucun compte. C'est ce qu'a fait la Cour de Lyon par arrêt du 7 décembre 1897, dans une espèce où la fixation du minimum de consommation n'avait trouvé place que dans une clause imprimée au verso de la police. Étendant à cette hypothèse une jurisprudence inaugurée à l'occasion de certaines clauses de style introduites par les Compagnies d'assurance ou de transport pour s'exonérer de certaines responsabilités ou de certains risques, elle a décidé qu'une pareille disposition devait être considérée comme extra-contractuelle, alors qu'elle n'était pas revêtue de la signature de l'abonné et qu'il n'était même pas établi qu'il en eut fait la lecture.

Mais la clause du minimum de consommation, qui est parfaitement licite comme nous venons de le dire lorsqu'elle fait corps avec la convention, peut-elle être remplacée par quelque équivalent? Et les parties, faute de l'avoir expressément visée, peuvent-elles être censées s'y être referées tacitement? L'affirmative ne nous paraît pas douteuse, car la liberté des conventions n'a chez nous d'autres limites que l'ordre public. Le tout est de savoir quand on peut leur prêter cette intention. Le même arrêt de la cour de Lyon que nous avons cité plus haut a pensé la découvrir dans cette double circonstance qu'un abonné avait fait les frais d'une installation relativement considérable chez lui, et que la Compagnie pour le servir avait dû compléter son réseau — lequel ne s'étendait pas si loin au moment du contrat — jusqu'à son domicile. La cour a déduit de cette double considération, que ni l'abonné ni la Compagnie ne se seraient comportés de la même façon, s'il avait pu entrer dans leur esprit que l'abonné aurait été libre à un moment quelconque de son

contrat — dont la durée d'ailleurs était prévue — de cesser complètement de s'éclairer à l'électricité. Elle a en conséquence condamné l'abonné, qui en fait avait cessé pendant plus d'une année de faire aucun usage de l'électricité à payer à la Compagnie un prix équivalent à celui de l'année où il avait fait la plus petite consommation.

La cour de cassation à qui cet arrêt avait été déféré pour fausse interprétation de l'article 1134, a rejeté le pourvoi qui avait été formé contre lui.

Nous donnons in-extenso le texte de cette décision qui a été rendue par la Chambre civile le 29 octobre 1901 et qui permet de se faire une idée exacte des faits de la cause.

La cour, sur le moyen unique du pourvoi ; — attendu que l'arrêt dénoncé constate que : « Collet a souscrit à la Compagnie électrique Edison, un abonnement pour dix ans de sept lampes électriques, et s'est engagé à ne s'abonner à aucune autre Compagnie d'éclairage électrique pendant la durée de ce contrat, tandis que, de son côté, la Compagnie s'engageait envers Collet à lui fournir la lumière à un prix déterminé, dès que son réseau s'étendrait jusqu'à son domicile » ; — attendu que, tout en admettant que Collet n'était pas engagé par une clause imprimée au verso de la police, qui fixait un minimum annuel de consommation, et qui n'était pas revêtue de sa signature, la Cour d'appel déclare que « ni la Compagnie, ni Collet n'ont compris que Collet aurait chez lui sept lampes électriques qu'il n'allumerait jamais, ou qu'il n'allumerait qu'un temps si limité, qu'il n'eût certainement pas valu la peine pour lui de payer, comme il l'a fait, 150 fr d'installation intérieure, ni pour la Compagnie d'étendre son réseau jusqu'à son domicile » ; qu'elle ajoute « que l'obligation pour Collet de faire et surtout de payer, un minimum de consommation de lumière électrique a été nécessairement dans les prévisions des parties » ; qu'enfin, pour fixer à 18,45 fr par lampe le minimum imposé à Collet, elle a pris pour base la consommation la plus faible qu'il ait faite pendant les années où le demandeur en cassation a usé effectivement de la lumière ; — attendu qu'en se fondant ainsi sur les termes du contrat pris dans son ensemble, sur sa nature, sur l'intention des parties et sur l'exécution qui a été donnée à la convention pour déterminer la portée et l'étendue de l'obligation souscrite par Collet en échange de l'engagement pris par la Compagnie, la Cour d'appel n'a point, comme le prétend le pourvoi, refait arbitrairement la police, mais usé du pouvoir souverain d'interprétation qui lui appartenait ; que l'arrêt dénoncé n'a donc pas violé l'article 1134, Code civil ; — rejette, etc.

Nous ne dirons rien de l'arrêt de la Cour de cassation lui-même qui est évidemment bien rendu. Les juges du fait ont un pouvoir souverain d'interprétation, et il n'est pas douteux que la cour de Lyon, dans l'espèce, n'avait fait qu'interpréter le contrat et n'avait pas substituer à la convention des parties une convention qui lui fut propre.

Mais nous doutons qu'il soit exact de voir dans les faits relatés par l'arrêt de la cour de Lyon, l'équivalent d'un minimum de consommation. Ce qui nous confirme dans cette idée c'est la détermination arbitraire que fait cette cour elle-même du minimum auquel elle s'arrête. Eût-il donc suffi à l'abonné, pour échapper à toute sanction raisonnable, de faire une consommation véritablement dérisoire, celui d'un bec ou deux pendant quelques heures seulement? Le raisonnement de la cour semble autoriser à l'admettre puisque cette consommation eût été à tout prendre celle de l'année la moins onéreuse. Une pareille conclusion trouve en elle-même sa propre condamnation. La vérité est que, dans l'espèce dont s'agit, les parties n'avaient rien prévu, et que la Compagnie seule ne pouvait s'en prendre qu'à elle-même, si, libre d'imposer à son abonné un minimum de consommation, elle ne l'avait pas fait.

Nous concluons : Pour qu'une Compagnie ne s'expose pas à des frais inutiles en face d'un abonné versatile et inconstant, il sera prudent de sa part d'introduire en bonne place dans son contrat une disposition qui ne laisse planer aucun doute sur l'intention réciproque des parties.

ADRIEN CARPENTIER,
Agrégé des Facultés de droit,
Avocat à la Cour d'Appel de Paris.

BIBLIOGRAPHIE

Cours de mécanique appliquée aux machines (MACHINES THERMIQUES, 2[e] édition), par J. BOULVIN. — *E. Bernard*, éditeur. Paris, 1905. — Format : 255×155 mm ; 550 pages. — Prix : 12,50 fr.

Nous n'avons pas à présenter à nos lecteurs l'œuvre considérable publiée sous ce titre général par M. Boulvin et qui ne comprend pas moins de huit volumes. Elle est d'abord connue depuis longtemps, et, d'autre part, tout en touchant indirectement l'électricité en ce sens que celle-ci a mis, met ou mettra à contribution les diverses sources de puissance thermique, hydraulique et pneumatique, elle ne traite en aucune de ses parties rien qui vise immédiatement les machines électriques ; mais la personnalité et le mérite de l'auteur, dûment couronné par notre Académie des sciences, sont de trop haute notoriété pour que nous laissions passer sans mention spéciale cette nouvelle édition de son soi-disant troisième fascicule, bel et bien troisième volume, spécialement dévolu à la *Théorie des machines thermiques* qui, depuis 1893, date de sa première apparition, est certainement celle qui a fait le plus de progrès, en donnant lieu, en même temps, au plus de recherches et aux plus grandes applications connexes, du développement de l'électricité.

Cette théorie est d'ailleurs une de celles qui ont le plus besoin d'être, à l'instar de l'électricité, homogénéisées et concrétées de manière à permettre la facile adaptation de ses formules aux exigences de la pratique. Toute nouvelle contribution à ce résultat si nécessaire ne saurait donc être que la bienvenue, et, s'il nous était permis d'appeler l'attention de l'auteur sur un des points essentiels de la réalisation de ce desideratum, nous lui demanderions d'être un peu plus explicite dans la désignation des unités visées par ses expressions, faute de quoi elles offrent, comme tant d'autres et en dépit de leur justesse intrinsèque, matière à d'inextricables erreurs. Il importe

à l'honneur des thermodynamistes que les électriciens ne soient pas obligés de s'immiscer dans leurs travaux pour y apporter un peu de la précision dont, en ce qui les concerne, ils ont doté et tendent de plus en plus à doter la science.

Nous ne saurions, en terminant, trop féliciter son éditeur de la haute valeur scientifique aussi universelle qu'insoupçonnée dont il fait preuve en signant lui-même, ici comme en d'autres occasions, les avis-réclames dont il orne les prospectus des ouvrages publiés par lui. Cette variété même le classe parmi les encyclopédistes de premier ordre et comme un collaborateur enviable pour les auteurs qui ont recours à lui. Que ne signe-t-il aussi leurs œuvres avec eux? E. Boistel.

Manuale dell' Ingegnere Elettricista (Manuel de l'ingénieur électricien), par A. Marro. — *U. Hœpli*, éditeur. Milan, 1905. — Format : 15 × 10 cm; 690 pages. — Prix relié : 7,50 lires.

Différent de nos (j'allais dire, et peut-être non sans raison, *notre*, car il n'en existe pas beaucoup) formulaires d'électricité, ce petit Manuel qui, comme le fils du lièvre de Lafontaine, lui ressemble en tout, du moins extérieurement, est, de par son nom même, un véritable petit traité d'Électricité. Il a naturellement tous les avantages des uns (reproduction des données fournies par ses devanciers de toutes langues) et tous les inconvénients de ses congénères, inconvénients inhérents à la condition forcée par son titre même de « Manuel » et résultant de la diversité des emprunts dont il est constitué.

Il ne saurait être question d'en faire ici une analyse; elle serait sans intérêt et doit être, au contraire, remplacée par une synthèse, puisque ce manuel traite forcément de tout ce qui touche à l'électricité. Il n'est cependant pas inutile de signaler tant à l'auteur qu'aux étudiants, à l'un pour l'avenir, aux autres pour le présent, quelques points méritant particulièrement attention, réflexion et rectification. C'est tout d'abord l'absence de définition des quantités physiques remplacée par celle de leurs unités, ce qui n'est pas la même chose, est plus facile assurément, mais ne donne pas une idée nette, précise et concrète de cette grandeur, indépendamment des confusions qui peuvent en résulter. C'est ensuite l'inexactitude de certaines définitions mêmes; tel est le *cheval-heure* donné comme une unité pratique de *puissance*. Il y a là des notions élémentaires encore mal digérées qui font craindre pour le reste et contre la torture desquelles il convient de mettre en garde les débutants ou les trop confiants lecteurs de ces résumés si précieux quand ils sont soigneusement revus et corrigés.

Charmante édition d'ailleurs, agrémentée d'un index alphabétique qui en augmente la valeur en y facilitant les recherches. E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

---

348 225. — **Bisson, Bergès et Cie**. — *Commande des charbons pour lampe en V* (24 novembre 1904).

348 401. — **Société de matériel téléphonique**. — *Récepteur téléphonique* (8 février 1904).

348 407. — **Hammond**. — *Tableau de distribution pour systèmes télégraphiques, téléphoniques et autres* (1er décembre 1904).

348 320. — **Latour**. — *Perfectionnement aux moteurs à courants alternatifs à collecteurs* (28 novembre 1904).

348 335. — **Société alsacienne de constructions mécaniques**. — *Perfectionnements dans les dynamos à courant alternatif* (28 novembre 1904).

348 308. — **Cervera**. — *Régulateur-disjoncteur électro-magnétique* (26 novembre 1904).

348 318. — **Boutemy**. — *Baguette à protection pour fils conducteurs d'électricité* (30 novembre 1904).

348 524. — **Stone**. — *Télégraphie sans fil* (23 novembre 1904).

348 525. — **Stone**. — *Télégraphie sans fil* (23 novembre 1904).

348 526. — **Stone**. — *Télégraphie sans fil* (23 novembre 1904).

348 527. **Stone**. — *Télégraphie sans fil* (23 novembre 1904).

348 595. — **Eisenstein**. — *Transmetteur pour téléphonie sans fil* (6 décembre 1904).

348 442. — **Varret**. — *Perfectionnements aux machines électrostatiques* (16 juillet 1904).

348 447. — **Société Siemens-Schuckert Werke Gesellschaft mit Beschrankter Haftung**. — *Disposition pour assurer la mise en marche et le fonctionnement d'un certain nombre d'électromoteurs indépendants les uns des autres, dont le chargement subit de fortes variations* (16 septembre 1904).

348 553. — **Heyland**. — *Couplage pour transformateurs de compoundage et autres appareils similaires* (28 novembre 1904).

348 580. — **Lewis**. — *Perfectionnements dans les moteurs électriques du type à induction* (5 décembre 1904).

348 605. — **Brousseau**. — *Accumulateur électrique à électrolyte haloïde* (6 décembre 1904).

348 637. — **Dinin**. — *Bouchon pour accumulateurs électriques* (8 décembre 1904).

348 509. — **Société française des procédés J.-L. Routin pour le compoundage électro-mécanique des groupes électrogènes**. — *Régulateur électrique* (19 novembre 1904).

348 522. — **Magini**. — *Mode d'application d'un cohéreur à des transmissions électriques de toutes sortes* (22 novembre 1904).

348 571. — **Schaffer**. — *Dispositif pour empêcher les effets nuisibles des courts-circuits dans les réseaux de distribution* (5 décembre 1904).

348 439. — **Hallot**. — *Dispositifs de conjonctions électriques* (9 février 1904).

348 732. — **De Faria.** — *Transformateur de courants alternatifs en courant continu* (20 février 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Compagnie Continentale Edison. — Rapport présenté par le Conseil d'Administration *à l'Assemblée générale du 3 mai* 1905. — Nous avons l'honneur de soumettre à votre approbation, conformément aux articles 28 et 36 des Statuts, le bilan et les comptes de l'exercice 1904.

Les exploitations de notre Compagnie ont suivi leur marche normale et régulière.

Le Secteur a donné les résultats suivants :

L'ensemble des lampes alimentées qui s'élevait, au 31 décembre 1903, à 309 539 lampes de 10 bougies pour 4588 abonnés, a atteint, au 31 décembre 1904, 325 069 lampes de 10 bougies pour 5056 abonnés, soit une augmentation de 15 530 ou 5 pour 100.

Cette augmentation avait été de 6,5 pour 100 pour l'exercice précédent.

La progression du développement de l'électricité se ralentit par suite de la concurrence du gaz favorisée par l'abaissement que la Ville de Paris a pris à sa charge, et par l'obligation où nous nous trouvons de ne pas entreprendre de nouvelles canalisations, faute de pouvoir en amortir la dépense dans le laps de temps qui nous reste.

C'est ainsi que nous avons dû réduire nos dépenses de travaux neufs au strict nécessaire; elle n'ont atteint, pendant le dernier exercice, que 86 152,76 fr dont 37 101,51 fr pour canalisation.

Nous pensions être en mesure de vous entretenir de l'avenir réservé à notre Compagnie après l'expiration de la concession qui doit prendre fin en avril 1907; mais, à l'heure actuelle, toute indication serait hasardée. Le régime futur de l'électricité dans Paris est hérissé de difficultés et soulève les questions les plus complexes. L'Administration municipale a entrepris à ce sujet des études qui ne sont pas terminées, et ses résolutions définitives sont encore environnées d'incertitude.

La ponctualité avec laquelle nous avons assuré depuis seize ans la distribution de l'électricité dans le Secteur le plus dense de Paris, la courte durée de la concession actuelle qui ne nous permet de trouver dans les résultats des derniers exercices qu'une insuffisante compensation aux mécomptes inévitables des débuts, la nécessité de n'apporter aucun trouble dans l'éclairage public et privé, et d'autres raisons encore, nous autorisaient à espérer que la Ville trouverait équitable et conforme à tous les intérêts en jeu, de nous accorder une nouvelle concession de longue durée, et nous étions disposés à consentir, en ce cas, le très notable abaissement de prix qui sera rendu possible quand la majeure partie des bénéfices ne sera plus obligatoirement affectée à l'amortissement des canalisations devant appartenir à la Ville en fin de concession. L'Administration préfectorale semble cependant hésiter encore à entrer dans cet ordre d'idées. Elle étudie, quant à présent, un régime nouveau qui, faisant table rase des installations existantes, y substituerait un organisme nouveau, qui n'aura peut-être à son tour qu'une durée limitée en présence des progrès incessants de la science. Et comme le temps lui manque pour réaliser ce programme avant le mois d'avril 1907, l'Administration, pour ne pas être obligée d'user de son droit de rachat, s'est bornée jusqu'ici à nous offrir une prolongation de concession insignifiante, strictement limitée au temps qui lui serait nécessaire pour annihiler nos usines et les remplacer par d'autres moyens de production. Les conditions proposées pour cette courte prolongation étaient d'ailleurs si précaires et comportaient des risques tels que votre Conseil n'a pas cru pouvoir les accepter. Les négociations se poursuivent. Toutes les questions demeurent entières et les solutions les plus diverses sont à l'étude. Il ne peut manquer d'intervenir à bref délai une décision qui ménagera à la fois les intérêts des consommateurs, ceux de la Ville, du Personnel et des Secteurs, mais nous ne saurions en préjuger le sens; et les pourparlers entamés nous imposent l'obligation d'être réservés. En tous les cas, vous pouvez être assurés que votre Conseil d'administration apportera tout son dévouement et toute sa vigilance à défendre vos intérêts.

Vous avez su, Messieurs, qu'au mois de février dernier, une certaine agitation s'est produite dans une partie de notre personnel ouvrier, à la suite d'une dissidence dans l'interprétation d'un article du cahier des charges de notre concession. La grève partielle qui s'en est suivie pendant quelques jours n'a porté aucune atteinte à nos services, et s'est heureusement terminée grâce au bon sens et au dévouement de la grande majorité de notre personnel.

Le bénéfice d'exploitation de nos diverses entreprises a passé de 3 588 087,30 fr à 3 965 423,14 fr en augmentation de 377 335,84 fr.

D'autre part, le produit des Valeurs de Portefeuille a passé de 133 592,85 fr à 222 530,15 fr.

Nous avons fixé le dividende pour l'Exercice 1904 à l'ancien chiffre de 40 fr. ce qui permet d'amortir une somme de 2 420 000 fr.

Voici, Messieurs, l'analyse du bilan et du compte de profits et pertes :

BILAN

Actif.

Espèces en caisse ou en banque et effets en portefeuille		1 067 490,11 fr.
Comptes débiteurs, comprenant les abonnés et les acheteurs, et dans lesquels ne figure aucune créance douteuse		755 765,17
Rentes française et italienne, Bons du trésor français et étrangers, Obligations de chemins de fer garanties par l'État		7 252 222,15
Immeubles :		
Terrain Trudaine	420 143,15	
Constructions Trudaine (complètement amorties et réduites à	1,00	
Terrain Saint-Denis	369 576,95	
		789 721,10
Marchandises en magasin et travaux en cours		180 802,12
Usines, sous-stations, théâtres et installations d'électricité.		
Ce chapitre s'élevait au 1er janvier 1904, à	6 280 656,83	
Il s'est augmenté au cours de l'exercice de	136 544,76	
Total	6 417 201,59	
Qui, par l'amortissement de	2 340 001,00	
Est réduit à		4 077 200,59
Loyers d'avance, installation et mobilier du siège social		21 526,00
Impôts et droits de transmission à recouvrer		60 551,82
Total de l'actif		14 203 279,06 fr.

Passif.

Capital social		10 000 000,00 fr.
Réserve légale et fonds d'amortissement du capital		507 871,25
Comptes créditeurs		2 413 441,50
Redevance due aux parts de fondateur et dividendes restant à payer aux actions		22 510,89
Provision pour parer aux fluctuations du portefeuille		197 310,25
Compte de Profits et pertes :		
Report de l'exercice 1903	8 867,85	
Bénéfice net de l'exercice 1904	1 053 277,32	
		1 062 145,17
Total égal à l'actif		14 203 279,06 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Crédit.

Intérêts des fonds disponibles		20 872,40 fr.
Produits des valeurs de portefeuille		222 530,15
Bénéfice d'exploitation des usines, sous-stations, théâtres et installations d'électricité		3 965 423,14
Divers		7 966,53
Total		4 216 792,22 fr.

Débit.

Frais généraux	117 126,00	
Redevance aux parts de fondateur	4 977,40	
Amortissements et dépréciations	2 420 000,00	
Participation de la Société civile fondée par les créateurs de la station Drouot	611 778,95	
Divers	9 632,55	
		3 163 514,90
Bénéfice net		1 053 277,32
De ce bénéfice, il y a lieu de déduire pour la réserve légale 5 pour 100		52 663,85
		1 000 613,47
En y ajoutant le report de l'exercice 1903		8 867,85
On obtient un total de		1 009 481,32
Sur lesquels il y a lieu de prélever d'abord l'intérêt de 6 pour 100 aux actions		600 000,00
Reste		409 481,32
Sur ce surplus, nous vous proposons de répartir, dans les proportions indiquées à l'article 43 des statuts :		
15 pour 100 pour le Conseil d'administration	60 000	
50 pour 100 pour les actionnaires comme dividende supplémentaire	200 000	
35 pour 100 pour les parts de fondateur	140 000	
		400 000,00
Et de reporter à nouveau		9 481,32 fr.

La part revenant aux Actions sera ainsi de 600 000 + 200 000 = 800 000 fr, soit 40 fr par action, sur lesquels un acompte de 15 fr a été distribué le 1er janvier 1905. Il revient un solde de 25 fr par action (sous déduction de l'impôt) payable à partir du 1er juillet 1905.

Les Parts de fondateur auront à se partager :

Le montant des redevances acquises conformément à l'article 42 des statuts	4 977,40 fr.
La part leur revenant en vertu de l'article 43	140 000,00
Total	144 977,40 fr.

Soit, pour chacune des 14 000 parts, 10 fr 3553 (sous déduction de l'impôt) à payer le 1er juillet 1905.

Conformément à l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867, nous avons soumis à vos Commissaires un compte rendu spécial des opérations que vous nous avez autorisés à faire avec les différentes Sociétés représentées par quelques-uns de vos Administrateurs.

Les membres sortants du Conseil sont : MM. Albert Ellissen, Henry Léauté et Oscar Siegel. Aux termes de l'article 17 des Statuts, ils sont rééligibles.

Vous aurez également à nommer deux Commissaires pour l'année 1905.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1904

Actif.

Banques et caisses. Effets en portefeuille	1 067 490,11 fr.
Comptes débiteurs	753 765,17
Valeurs de portefeuille	7 252 222,15
Immeubles	789 721,10
Approvisionnements. Travaux et fournitures	180 802,12
Usines, sous-stations, théâtres et installations d'électricité	4 077 200,59
Loyers d'avance, installation et mobilier du siège social	21 526,00
Impôts et droits de transmission à recouvrer	60 551,82
Total de l'actif	14 203 279,06 fr.

Passif.

Capital social		10 000 000,00 fr.
Fonds d'amortissement du capital		11 342,70
Réserve légale		496 528,55
Comptes créditeurs et dépenses non réglées au 31 décembre 1904		2 413 441,50
Redevance aux parts de fondateur et dividendes restant à payer aux actions		22 510,89
Provisions pour parer aux fluctuations du portefeuille		197 310,25
Profits et pertes :		
Report de l'exercice 1903	8 867,85	
Bénéfice net de l'exercice 1904	1 053 277,32	
		1 062 145,17
Total du passif		14 203 279,06 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Profits.

Intérêts des fonds disponibles	20 872,40 fr.
Produits des valeurs de portefeuille	222 530,15
Bénéfice d'exploitation des usines, sous-stations, théâtres et installations d'électricité	3 965 423,14
Divers	7 966,53
Total	4 216 792,22 fr.

Pertes.

Frais généraux	117 126,00 fr.
Redevance aux parts de fondateur	4 977,40
Amortissement et dépréciation du matériel	2 420 000,00
Participation de la Société civile fondée par les créateurs de la station Drouot	611 778,95
Divers	9 632,55
Bénéfice net	1 053 277,32
Total	4 216 792,22 fr.

RÉSOLUTIONS. — *Première résolution.* — L'Assemblée générale, après avoir entendu le Rapport du Conseil d'Administration et celui des Commissaires, approuve dans toutes leurs parties le Rapport et les Comptes de l'exercice 1904 tels qu'ils sont présentés par le Conseil d'Administration.

Deuxième résolution. — L'Assemblée générale :

1° Fixe à 40 fr (sous déduction de l'impôt établi par la loi de finances) le dividende de chacune des 20 000 actions, soit net : par action nominative 38,40 fr et par action au porteur 36,95 fr;

2° Décide qu'il sera payé le 1er juillet prochain, pour solde (déduction faite de l'acompte payé le 1er janvier 1905) par action nominative : 24 fr, et par action au porteur : 23,28 fr;

3° Décide de reporter à l'exercice 1905 le reliquat de 9481,32 fr.

4° Et fixe à 10 fr 3553 (sous déduction de l'impôt établi par la loi de finances) la somme revenant à chacune des 14 000 Parts de Fondateur, soit net : 9 fr 943 par titre nominatif, et 9 fr 628 par titre au porteur, payable le 1er juillet prochain.

Troisième résolution. — L'Assemblée générale, procédant au remplacement des membres sortants du Conseil, nomme de nouveau Administrateurs pour six ans, MM. Albert Ellissen, Henry Léauté et Oscar Siegel.

Quatrième résolution. — L'Assemblée générale nomme MM. Gibert et Massenet Commissaires pour l'exercice 1905, avec faculté pour chacun d'eux de procéder séparément en cas d'empêchement de l'autre, et fixe la rétribution de chaque Commissaire à 1000 fr.

Cinquième résolution. — L'Assemblée générale autorise en tant que de besoin les membres du Conseil d'Administration à prendre ou à conserver un intérêt direct ou indirect dans des entreprises ou marchés faits avec la Compagnie Continentale Edison ou pour son compte dans les conditions prévues par l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867.

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

55356. — Imprimerie LAHURE. 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 324. 25 Juin 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Mesure du glissement des moteurs asynchrones. — Une nouvelle méthode de mesure du glissement des moteurs asynchrones d'une très grande simplicité, basée sur le principe de l'ondographe, est décrite par M. B.-F. Bayley dans *The Electrical World and Engineer* et appliquée au laboratoire d'électrotechnique de l'Université de Michigan.

Cette méthode consiste à monter un voltmètre sensible en dérivation entre deux des conducteurs d'alimentation du stator (inducteur), en intercalant un contact intermittent commandé par l'axe du moteur dont on veut déterminer le glissement, en donnant à ce contact une faible largeur, telle que la durée du contact ne constitue pas un sous-multiple exact d'une période. Si le moteur était synchrone, le voltmètre dévierait d'une façon permanente, la déviation étant proportionnelle à la fréquence des contacts, et à la largeur du contact. Le glissement du moteur produit un effet stroboscopique tel que chaque contact se produit avec un retard sur le précédent, et le voltmètre exécute ainsi une série d'oscillations lentes dont chacune correspond à la perte d'une période et au retard du rotor correspondant à l'écartement angulaire d'une paire de pôles. On n'a donc qu'à déterminer la vitesse de glissement, et on en déduit le coefficient de glissement en faisant le rapport de ce glissement à la vitesse correspondant à la fréquence du courant alimentant le moteur. Cette vitesse se détermine en mesurant directement la vitesse du moteur asynchrone par un tachymètre approprié et en y ajoutant la vitesse de glissement déduite de l'expérience.

On peut substituer un téléphone au voltmètre, en appréciant les variations d'intensité provoquées par les *tics* dans le téléphone à chaque passage, et en se rappelant qu'une période correspond à deux maxima successifs. La méthode se prête à une mesure commode tant que le coefficient de glissement ne dépasse pas 3 pour 100 à la fréquence 60. A la fréquence 25, on peut mesurer des glissements de 10 à 12 pour 100, bien supérieurs à ceux que l'on rencontre dans la pratique courante, même pour les moteurs de faible puissance.

Traction à courants alternatifs simples sur la ligne de Bergamo à Valle Brembana. — L'application de la traction électrique par courants alternatifs simples aux lignes interurbaines et tramways à longs parcours est aujourd'hui un fait accompli, et la Société Westinghouse est au premier rang dans

le développement de ce genre d'installation. Après l'application de son nouveau système aux lignes de Cincinnati à Indianapolis et de Westmoreland County, toutes deux en exploitation régulière depuis quelques mois, et dont les résultats ont été des plus concluants, la Société Westinghouse du Havre a commencé les travaux d'installation de la ligne de Rome à Civita-castellana, et tout récemment elle vient de s'assurer également le contrat pour l'installation de la ligne de Bergamo à Valle Brembana.

La ligne établie sur un chemin privé aura une longueur de 30 kilomètres représentant la distance entre ces deux villes. La voie est au gabarit normal de 1,44 m et la ligne aérienne est à fil pilote, mais pour plus de sécurité aux passages à niveau, la ligne aérienne sera établie avec « suspension à chaînette. »

Le fil de trolley sera alimenté directement à 6000 volts, ce qui permettra une installation très économique en cuivre, et ne nécessitant même aucun poste de transformation.

Le matériel roulant comportera 5 locomotives de 30 tonnes équipées chacune avec 4 moteurs de 55 kilowatts. Ces locomotives sont munies du système de contrôle à unités multiples de la Société Westinghouse pour la formation de longs trains aux heures de grande affluence. La prise de courant se fait par un archet commandé par de l'air comprimé.

Le courant produit directement à 6000 volts sera fourni par une centrale hydraulico-électrique située à 1 kilomètre au delà de Valle Brembana. Cette station contiendra trois alternateurs Westinghouse de 500 kv-a, à la fréquence 25, pour la force motrice et un alternateur de 50 kv-a 6000 volts, même fréquence pour l'éclairage de l'installation.

Lampe à arc à magnétite. — Les rues de Jackson (Michigan) sont éclairées actuellement par 300 lampes à arc à magnétite de Steinmetz. Ces lampes absorbent 4 a sous 80 v et ont remplacé les lampes à arc en vase clos à courants alternatifs de 6,6 a. Les lampes à magnétite permettent la lecture d'un imprimé en caractères déterminés à une distance double de celle correspondant aux lampes en vase clos. Les lampes à magnétite sont alimentées à courant continu et constant.

La Societá Lombarda per distribuzione di energia elettrica à Milan. — Cette Société a été créée il y a huit ans par la Société Schuckert, de Nuremberg. Il y a deux ans la Société Schuckert céda ses actions au Crédit italien au prix d'émission de 500 fr; elles valent actuellement 1300 fr. D'après le rapport du Conseil d'administration, dans le courant de la septième année de la Société en 1904, on a mis en service la nouvelle station de Turbigo sur le Tessin, qui a coûté 5 000 000 fr. La puissance totale des stations transformatrices est de 21 000 poncelets, tandis qu'elle était de 18 000 poncelets au 31 décembre 1903. La longueur du réseau principal s'élevait à 222 km (188 à la fin de 1903). Les recettes se sont élevées à 2 241 404 fr (1 954 129 en 1903). Le bénéfice net s'est élevé en 1904 à 1 142 124 fr (contre 933 248 en 1903), de sorte que les dividendes sur un capital de 11 millions de francs, se sont élevés à 9 pour 100; ils étaient précédemment de 3 pour 100, pour un capital de 10 millions de francs.

Le rapport annonce une augmentation prochaine des installations. La station centrale à vapeur Castellanza, doit être portée à une puissance de 5000 kw afin de pouvoir servir de secours, jusqu'à ce que la nouvelle station hydro-électrique de Brusio dans les Grisons, soit terminée. Pour la construction de cette station, dont la Société Alioth, de Bâle, a l'entreprise, on a fondé une nouvelle Société sous la dénomination de *Societá delle force motrici di Brusio* au capital provisoire de 3 millions de francs et une participation d'un cinquième par la Société lombarde. Les travaux du côté suisse du bord du lac de Poschiaro jusqu'à la frontière italienne, seront entrepris par la Société du Brusio et sont commencés, tandis que la continuation de la ligne, à haute tension, le long du lac de Côme jusqu'aux provinces industrielles de Côme et de Milan, sur une longueur d'environ de 170 km, se fera par la Société lombarde. La puissance totale du Brusio, tout d'abord de 15 000 poncelets, est réservée d'après contrat à la Société lombarde.

Un chaland actionné électriquement. — La *Zeitschrift für Elektrotechnick* donne des renseignements sur un chaland de 1100 tonneaux actionné électriquement et qui fait déjà depuis plusieurs mois le service entre Rybinski et Saint-Pétersbourg (distants de 1100 km), sur le Volga, en transportant du pétrole. Le chaland en fer a une longueur de 74 m, une largeur de 9,7 m et un tirant d'eau de 1,8 m. La propulsion a lieu au moyen de trois hélices actionnées chacune par un moteur à courant continu; ces moteurs sont disposés à l'arrière du bateau.

Vers le milieu du bateau est aménagée la salle contenant les génératrices. Il y a trois générateurs constitués chacun par un moteur Diesel vertical à trois cylindres, actionnant par embrayage élastique une génératrice à courant continu. Les moteurs sont excités d'une façon permanente par le courant d'une dynamo montée sur le même arbre que l'autre. La vitesse des moteurs est réglée en faisant varier la tension de la génératrice, pour cela un combinateur est installé sur la passerelle de commandement.

L'éclairage est assuré par les dynamos qui servent à l'excitation des moteurs, il en est de même de la commande des pompes, d'un treuil, etc. La vitesse angulaire des hélices peut varier de 30 à 9 0 t : m; il faut environ douze secondes pour passer de la pleine vitesse dans le sens avant, à la pleine vitesse dans le sens arrière.

L'installation électrique, faite par une maison suédoise, est revenue à 150 000 fr; en employant des moteurs à vapeur, on aurait dépensé d'après les offres faites 107 500 fr; mais vu le bon rendement de l'installation et le bon marché du pétrole, le surplus de dépense est rapidement payé.

Le chaland peut recevoir un chargement de 10 pour 100 plus élevé que s'il était muni de machines à vapeur.

Les moteurs Diesel consomment du pétrole brut qui a un pouvoir calorifique de 11 000 calories par kg, et qui, rendu à Saint-Pétersbourg, vaut 45 fr la tonne.

Le chaland est muni à l'avant et à l'arrière de réservoirs qui ont ensemble une contenance de 56 000 litres. Pour un voyage aller et retour, on brûle environ 16 000 litres de pétrole. On a mis en construction un chaland du même type qui n'aura que deux groupes de 135 poncelets qui seront disposés à l'arrière. On pourra au besoin actionner directement les hélices par les moteurs Diesel.

Petit matériel de tramways. — La maison E. Cadiot et Cie, que ses représentations américaines tiennent constamment au courant des progrès faits au delà de l'Atlantique dans cette branche de l'activité électro-industrielle originaire du Nouveau Monde, met en ce moment sur le marché quelques accessoires d'exploitation importés ou fabriqués par elle et qu'il peut être utile de signaler.

Nous citerons tout d'abord le *Trolley Wire Pick up* ou *Pige-fil de trolley*, destiné, comme son nom l'indique, à permettre de relever sans danger et à mettre hors d'état de nuire les extrémités d'un fil de trolley rompu. Représenté par la figure 1, cet outil, en forme de couteau fermant, et tout en bois, sauf son articulation en fonte malléable, se compose de deux tiges, sortes de règles plates articulées, dont l'une est taillée en biseau, du côté de son bout libre, de manière à permettre de soulever aisément le fil reposant sur le sol. Ce fil une fois monté sur cette tige, on tourne et serre fortement la corde dont est muni le système, de manière à pincer le fil entre les deux palettes; après quoi on peut fixer la corde en la passant

dans la gorge et sous le crochet que porte l'articulation, ce qui assujettit définitivement le fil dans l'appareil. En cet état, on lance alors le bout libre de la corde par dessus une branche d'arbre ou tout autre support à proximité, et, en la tirant,

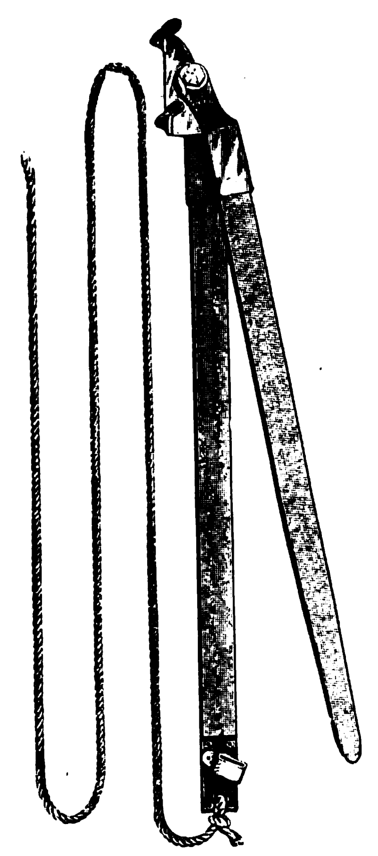


Fig. 1. — Pige-fil de trolley.

on élève l'ensemble au-dessus du sol jusqu'à ce qu'il ne présente plus aucun danger. On l'abandonne ainsi jusqu'à réparation ultérieure.

Le système, très robuste, est livré avec 15 m de corde de

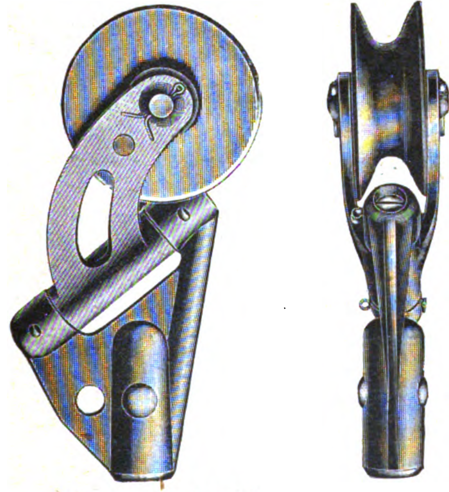


Fig. 2. — Tête à roulettes passe-partout.

10 mm de diamètre qui, au repos, se roulent en spires serrées autour des deux palettes fermées; il tient ainsi peu de place et peut se placer sous une banquette ou n'importe où sur la voiture.

Le second de ces engins est une *tête de trolley* dite *passe-partout* établie en vue d'éviter, en cas de déraillement toujours possible du fil de trolley, notamment sur les lignes à grand désaxement, le pincement de ce fil entre les divers éléments en saillie de la tête ordinaire. Très légère d'ailleurs (son poids total ne dépasse pas 2 kg), cette nouvelle tête est de forme aplatie, d'épaisseur excédant à peine celle de la roulette, et aussi lisse que possible, c'est-à-dire dépourvue de vis, tête de boulons, écrous ou axes saillants. Disposée en porte-à-faux et d'une extrême mobilité, grâce à l'annexion d'une chambre à graisse, elle est facile à mettre en place, obéit parfaitement aux orientations du fil et s'y maintient sans effort. On la voit sur la figure 2.

La *sablière Eurêka* constitue le troisième perfectionnement

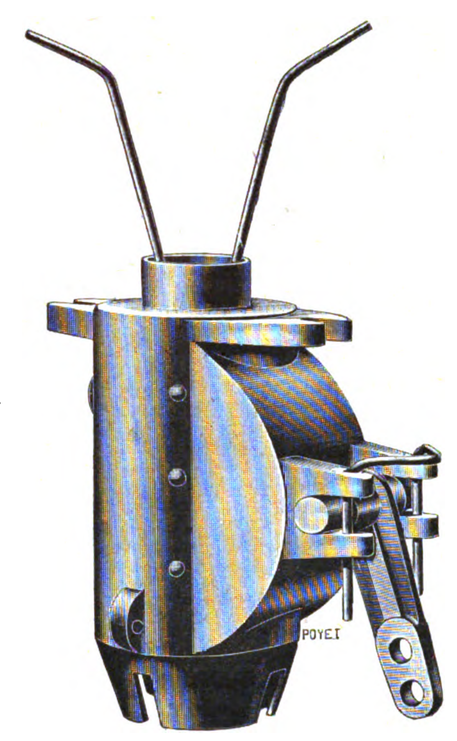


Fig. 3. — Sablière « Eurêka ».

sur lequel est appelée l'attention des exploitants. Elle a été spécialement étudiée en vue d'assurer, au moyen d'un dispositif cependant des plus simples (trois pièces en tout), l'utilisation du gros sable, des scories, mâchefers, etc., dépouillés ou non des impuretés qu'ils peuvent contenir, dans un sablage abondant et en un fonctionnement rapide et sûr. Des dispositifs spéciaux, d'une non moindre simplicité, permettent en outre d'ameublir les matières qui accidentellement se tasseraient ou se mettraient en voûte, pendant la marche, dans le réservoir et de supprimer tout tuyau distributeur flexible. Quand nous aurons dit que l'appareil est à l'abri de l'obstruction par rouille, boue, etc., nous aurons énuméré tous les avantages revendiqués en faveur de l'appareil ci-dessus (fig. 3).

Humour américain. — Si l'on en croit *Electrical World and Engineer*, les textes sacrés de l'Écriture sainte, radiés par les lampes électriques, placées sur une haute tour, vont constituer le nouveau travail évangélique de *Coney Island*, le *resort* le plus fréquenté de l'Amérique. Des dispositions sont prises en vue d'élever un tour de 37 m de hauteur : le Révérend W. D. Hughes, pasteur de l'Église de Coney Island et superintendant au Coney Island Rescue Home, fait construire la tour et placera au sommet, aux quatre points cardinaux, des signes

électriques portant les mots « *Jesus saves* » écrits en lettres de feu. M. Hughes insiste sur le fait que la purification de Coney Island ne peut manquer d'avoir lieu sous cette inspiration ... lumineuse! Cela demandera beaucoup (*a good deal*) d'électricité, dit malicieusement en terminant notre confrère.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

ÉTRANGER

Locarno (Suisse). — *Station centrale.* — Nous apprenons que la Societa Elettrica Locarnese a décidé d'augmenter le matériel producteur de son usine en vue de distribuer de l'énergie électrique dans les régions avoisinantes.

D'autre part, on nous annonce qu'une Commission vient d'être constituée à Saint-Gall (Suisse) dont le but serait d'étudier la création d'un centre producteur d'énergie électrique laquelle serait distribuée à Saint-Gall et dans la vallée du Rhin.

Rio-de-Janeiro (Brésil). — *Distribution d'énergie électrique.* — Il est question d'entreprendre une très considérable affaire au Brésil. Il s'agirait d'un transport d'énergie électrique pour Rio-de-Janeiro. Un groupe de financiers canadiens et un groupe belgo-brésilien sont en compétition. La Banque liégeoise a fait récemment de très grandes cessions de titres « gaz de Rio » relatives à cette affaire. M. Candido Gaffrée, de la maison brésilienne Gaffrée et Guinle qui s'est rendue acquéreur de la grande chute du Paquequer (derrière la chaine des Orgues) a été chargé par le ministre des travaux publics du Brésil, d'établir les bases d'un contrat pour la fourniture de l'énergie électrique à fournir à Rio. Mais une autre Société américaine est concessionnaire de la ville de Rio pour le même objet; l'une est gouvernementale, l'autre est préfectorale et a été donnée à MM. William Reid et Cie qui l'ont transférée à M. Alexandre Mackensie. Cette dernière prévoit l'utilisation des chutes de la Ribeira das Lages.

On nous apprend aussi qu'une importante Société vient de se constituer à Rio-de-Janeiro, sous la raison sociale « Compagnie transbrésilienne de chemins de fer » en vue d'établir des voies de communication à l'intérieur du pays ainsi que des voies de jonction avec les pays limitrophes. Son commerce pourra en outre s'étendre à la construction de ports, colonisation des régions traversées ou industries diverses auxquelles elle jugerait utile soit de s'intéresser, soit de s'arrêter elle-même.

Rome. — *Transport d'énergie.* — La « Société industrielle du Sila » qui s'est constituée à Rome, a rédigé un avant-projet de chemin de fer à voie étroite, à traction électrique entre Cosenza-Langobucco-San-Giovanni et Fiore-Mesoraca-Cotrone. La concession a déjà été demandée au Gouvernement qui accordera une subvention. L'énergie électrique nécessaire sera obtenue par une dérivation d'eau du torrent Ampollino, près de San-Giovanni et Fiore; en utilisant une chute de 700 m on pourra obtenir une puissance de 5300 poncelets.

Santiago (Chili). — *Station centrale.* — Il existe, à Santiago, une station centrale pour tramways électriques qui fournit également l'énergie pour l'éclairage d'une partie de la ville et des particuliers. Dans d'autres villes, telles que Valparaiso, Curico, Angol, La Serena, il y a de petites entreprises pour l'éclairage public et privé.

La Société exploitante à Santiago, est l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*, de Berlin, qui a succédé à une Société anglaise qui n'avait pu terminer les travaux.

D'autre part, il s'est créé à Santiago, il y a environ deux ans et demi, sous la raison sociale Rivano y Ce, calle San Francisco 2012, une fabrique d'appareils électriques pour installations publiques et privées qui fournit même la Compagnie de traction et d'éclairage de cette ville.

Les débouchés possibles pour une nouvelle Compagnie seraient :

Fournitures pour entreprises d'éclairage public dans quelques villes de province : dynamos, câbles de conduite, transformateurs, lampes à arcs et à incandescence, moteurs hydrauliques (turbines diverses) pour installations industrielles ou privées.

On conseillerait d'envoyer au Chili un ingénieur pour étudier les localités à pourvoir, ou bien d'avoir un agent à demeure à la tête d'un dépôt de matériel avec des moteurs pour les installations, comme le font actuellement les maisons existantes.

Afin de concurrencer plus avantageusement les produits allemands, on conseillerait de s'entendre avec la maison Rivano y Ce de Santiago.

CORRESPONDANCE

Exposition de Liège.

Mon cher Hospitalier,

Les nouvelles de l'Exposition de Liège que vous donnez dans votre numéro du 10 courant me rappellent que vous avez omis d'indiquer à vos lecteurs, comme suite à ma lettre du 25 janvier dernier, la composition du Comité français d'organisation, Groupe « Électricité ». Dès le vu de cette lettre tous vos confrères l'ont publiée, et, sans revenir tardivement sur le détail d'une liste de noms dont, sans l'espoir commun d'un ruban quelconque, plusieurs hurleraient de se trouver les uns à côté des autres, il importe d'en indiquer au moins le Président. C'est, comme nous le pressentions, M. Eugène Sartiaux, le même qui figure comme « *Ingénieur* (!) *en chef* (!!) *des Ponts et Chaussées* (!!!), Président (alors) du Syndicat des Industries électriques », dans le Comité de patronage du 2e Salon des Industries du Mobilier devant s'ouvrir au Grand Palais des Champs-Élysées le mois prochain.

Ah! Quel bonheur d'avoir un frère! Mais quel dommage que ce bon La Fontaine ne soit plus là pour nous rééditer sous une nouvelle forme sa fameuse fable « L'Eugèn' paré des plumes du paon » :

Albert muet, Eugèn' prit son plumage,
etc.

En tout cas, votre correspondant est sévère pour lui, car, loin de n'avoir rien fait, il paraît, suivant ses meilleurs amis, avoir, en bon maréchal des logis (on est ce qu'on peut), dépensé sa bourdonnante activité à assurer aux électriciens français, et notamment à ses zélés fournisseurs du Nord, le gîte et la table accommodés à toutes les bourses, pendant toute la durée de l'exposition, et quelle que soit l'affluence des visiteurs.

Ce service vaut bien la cravate, sans doute.

Tout à vous,

E. Boistel.

Paris, le 15 juin 1905.



TRACTION ÉLECTRIQUE

PAR

COURANTS ALTERNATIFS SIMPLES

LIGNE DE LA COMPAGNIE FRANÇAISE POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS THOMSON-HOUSTON

Depuis quelques années, des tentatives très sérieuses ont été faites de différents côtés pour appliquer les moteurs à courant alternatif simple à collecteur et, plus particulièrement, pour leur adaptation à la traction. L'emploi du collecteur procure les avantages d'un grand couple de démarrage et d'une grande facilité dans le réglage de la vitesse. A ces avantages partagés avec les moteurs à courant continu, le courant alternatif ajoute le suivant : possibilité d'abaisser la tension sur les véhicules au moyen de transformateurs statiques, l'énergie étant transmise le long de la voie par un seul fil à haute tension. Les sous-stations actuellement employées pour transformer le courant alternatif à haute tension en courant continu à basse tension sont supprimées.

Si, en certains points toutefois, tels que traversées de villes ou de villages, il est nécessaire d'abaisser la tension, des transformateurs statiques suffisent, ne nécessitant presque pas de surveillance.

Pour pouvoir affirmer l'intérêt du moteur à courant alternatif simple en traction nous avons voulu attendre d'avoir des résultats industriels.

Plusieurs moteurs de 3 à 20 kw à la fréquence 42, livrés pour actionner des grues fonctionnent avec toute sécurité après avoir satisfait aux conditions de garantie d'un an. Des moteurs aux fréquences de 77, 60, 50 et 42 pour ascenseurs, appareils de levage ou machines-outils diverses, ont été mis en fonctionnement, il y a dix mois environ. Enfin, il a été décidé qu'une voiture à trolley alimentée en courant à la fréquence 25 et qui a donné de bons résultats aux essais pendant quelques mois, fonctionnera maintenant pour faire un service de voyageurs sur une petite ligne desservie actuellement par une voiture navette entre la rue des Clozeaux, à Malakoff et le Clos-Montholon. C'est la première fois en France qu'une voiture est actionnée par des moteurs à courants alternatifs simples.

Nous allons essayer de rappeler brièvement les étapes franchies dans la construction des moteurs à C. A. S. à collecteur en examinant les conditions de facteurs de puissance et de commutation dans les différents types.

Dans un moteur-série à courant continu, si on change simultanément le sens du courant dans les inducteurs (stator) et dans l'induit (rotor), le couple reste de même signe. Le moteur à courant continu fonctionnera donc en courant alternatif à condition toutefois de feuilleter le fer des inducteurs (fig. 1).

Au point de vue du facteur de puissance le calcul montre que : d'une part, la rotation de l'induit dans le champ inducteur développe entre les balais une force électromotrice en phase avec le courant qui traverse le moteur, cette force électromotrice est celle qui correspond à la puissance développée par le moteur; d'autre part : 1° le flux à travers l'induit dû à l'enroulement de cet induit développe, entre balais, soit à l'arrêt, soit en vitesse, une force électromotrice de self-induction; 2° le flux à travers les inducteurs crée une force électromotrice de self-induction à travers les inducteurs. Ces deux dernières forces électromotrices ont pour effet d'abaisser considérablement le facteur de puissance.

Les conditions de commutation sont mauvaises. Le flux des inducteurs induit entre les lames sous les balais des forces électromotrices statiques en $E \cos \omega t$, et le flux de réaction d'induit en vitesse donne des forces électromotrices dynamiques en $E \sin \omega t$. Ces deux forces électromotrices s'ajoutent et font circuler des courants dans les bobines sous balais, rendant la commutation mauvaise.

A ce premier moteur a succédé le moteur-série compensé. Le perfectionnement a consisté à disposer sur le stator du moteur précédent un bobinage en court-circuit ou en série avec le rotor et ayant pour but de créer à chaque instant, en direction et grandeur, des forces magnétomotrices égales et de signes contraires à celle du rotor. Le flux de réaction d'induit est donc supprimé. Le seul flux existant dans le moteur, en négligeant les fuites, est le flux propre des inducteurs. La self-induction du stator intervient seule, le facteur de puissance se trouve donc amélioré. Examinons maintenant les conditions de commutation. Puisqu'il n'y a plus de réaction d'induit, la seule force électromotrice existante entre lames est celle en $E \cos \omega t$ due au flux inducteur; elle subsiste quelle que soit la vitesse.

Un deuxième perfectionnement a été de relier les sections du rotor aux touches du collecteur par des résistances. Ces résistances ont pour but, en limitant les courants de court-circuit sous balais, d'améliorer la commutation. N'intervenant qu'au moment où les segments de collecteur auxquels elles sont reliées passent sous les balais, elles n'ont à supporter le courant de court-circuit que peu de temps. Pourtant si, pour une raison quelconque, les moteurs ne peuvent démarrer, ces résistances peuvent atteindre des températures dangereuses et amener la destruction du motor.

Un autre moteur expérimenté est le moteur à répulsion. Voici son principe : les inducteurs seuls sont traversés par le courant d'alimentation (fig. 2), l'induit à collecteur porte deux lignes de balais distantes de 180° et mises en court-circuit. L'induction mutuelle entre le stator et le rotor fait naître un courant dans le rotor. L'action du stator sur le rotor produit un couple. On démontre qu'en vitesse il se forme un champ tournant dans le moteur et que ce champ tournant, en négligeant les fuites, est parfait à la vitesse de synchronisme. Il en résulte une commutation excellente aux environs de cette vitesse. En effet

le flux tournant dans le moteur à la vitesse du bobinage, il n'y a plus de forces électromotrices induites entre lames puisqu'il n'y a pas de variation de flux dans les sections, et par suite la commutation est excellente.

Le moteur a un facteur de puissance de l'ordre de celui du moteur série compensé.

Au démarrage, la puissance apparente absorbée est un peu plus grande que celle consommée par un moteur-série compensé, toutes choses égales d'ailleurs. Cela résulte de l'imperfection obligatoire de l'induction mutuelle entre le stator et le rotor, les fuites interviennent alors pour augmenter le courant.

En somme, ce moteur se caractérise par sa bonne commutation en vitesse, son point faible est un couple de démarrage un peu moins bon que celui du moteur-série compensé.

Un moteur, dont le principe très ingénieux est dû à M. Latour cumule les avantages du moteur-série compensé et du moteur à répulsion, à savoir : commutation parfaite en vitesse comme le moteur à répulsion, et couple de démarrage aussi bon que celui du moteur-série compensé. Il a de plus le léger avantage d'avoir un facteur de puissance excellent.

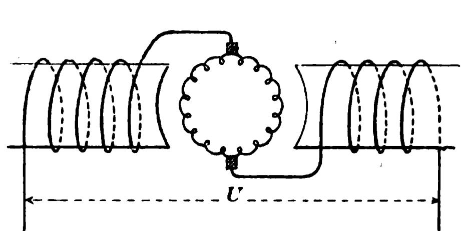



Fig. 1. — Moteur série.

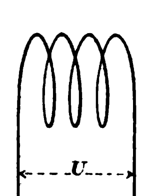



Fig. 2. — Moteur d'induction.

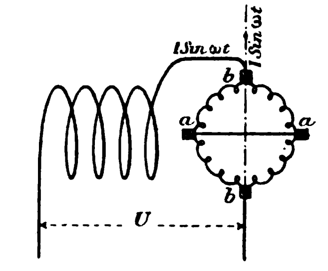


Fig. 3. — Moteur série compensé (Latour).

Principe du moteur Latour (fig. 3). — Le stator est constitué par un bobinage d'alternateur à courant alternatif simple logé dans les encoches d'une couronne en tôles. Il est donc absolument identique au stator d'un moteur d'induction à C. A. S.

Le rotor est un induit à courant continu. Sur le collecteur (fig. 3) deux balais a, a, mis en court-circuit, ont pour effet de créer dans le rotor une force magnétomotrice qui annule à chaque instant le flux dû au courant dans le stator. Deux balais b, b, à 90° des premiers, servent à faire traverser au rotor le courant venant du stator.

Couple. — Le couple résulte à chaque instant de l'action de la force magnétomotrice du stator sur le bobinage du rotor due au courant de la ligne traversant les balais b, b. Le couple est donc bien le même que dans les moteurs-série ordinaires.

Au démarrage, des étincelles tendront à naître sous les balais a, a, par suite du flux $\varphi \sin \omega t$ unique existant dans le moteur et développant statiquement des forces électromotrices $E \cos \omega t$ entre les lames du collecteur sous les balais a, a. Les balais b, b, ne produisent pas d'étincelles, car les sections sous les balais ne sont traversées par aucun flux, et par suite ne sont le siège d'aucune force électromotrice.

Les conditions de démarrage sont donc les mêmes que dans le moteur-série compensé ; mais dès que le moteur tourne, les conditions de commutation s'améliorent pour devenir excellentes au voisinage du synchronisme. Il est absolument évident que l'on peut tolérer pendant 2 à 3 secondes, à l'instant précis du démarrage des étincelles inadmissibles d'une manière continue.

Voici la raison pour laquelle les étincelles disparaissent en vitesse. Le flux $\varphi \sin \omega t$ ferait naître en vitesse entre les balais a, a, une force électromotrice $E \sin \omega t$; mais par suite du court-circuit et de la self-induction du rotor, un courant circulera dans le rotor, qui sera en $I' \cos \omega t$.

Nous avons donc dans le court-circuit en vitesse deux courants, l'un en $I \sin \omega t$ destiné à annuler le flux du stator, l'autre en $I' \cos \omega t$ faisant naître, suivant l'axe aa, un flux en $\varphi \cos \omega t$. On démontre qu'au synchronisme et dans l'hypothèse d'une répartition sinusoïdale du flux le long de l'entrefer (hypothèse très approchée pratiquement) à la vitesse d'un moteur synchrone du même nombre de pôles, la force magnétomotrice en $I' \cos \omega t$, suivant l'axe aa est égale en valeur efficace à la force magnétomotrice en $I \sin \omega t$ suivant l'axe bb. Cela revient à dire que les seules forces magnétomotrices engendrant des flux dans le moteur produiront au synchronisme un champ tournant parfait. La commutation en vitesse deviendra donc parfaite, comme dans le moteur à répulsion.

Facteur de puissance. — Le facteur de puissance pourra être amené au voisinage de l'unité. En effet, au synchronisme le courant $I \sin \omega t$ traversant le moteur, rencontre d'abord la force contre-électromotrice du stator et comme le seul flux existant dans l'axe aa est un flux, en $\cos \omega t$, la force électromotrice qu'il induit dans le stator est en $\sin \omega t$. D'autre part, au synchronisme, le champ tournant à la vitesse du bobinage, il n'y aura plus de force électromotrice induite entre les balais b, b, aux chutes ohmiques près, puisqu'il n'y aura plus de variation de flux dans le bobinage. Le courant traversant le moteur ne rencontre donc plus qu'une force électromotrice qui est celle du stator, et cette force électromotrice étant en phase avec le courant, le facteur de puissance est ainsi égal à l'unité.

En pratique, le flux ne se répartit pas rigoureusement

d'une manière sinusoïdale, et en outre il faut que le courant de charge $I \sin \omega t$ soit précisément celui qui convient pour induire un courant de court-circuit $I' \cos \omega t = I \cos \omega t$ convenable pour l'excitation. Pour ces deux raisons, le facteur de puissance en pratique n'est que très voisin de 1.

On voit qu'au synchronisme le rotor joue le rôle d'un inducteur de moteur synchrone.

Après ces quelques considérations théoriques, voici quelques renseignements sur l'installation de traction à courant alternatif simple faite par la Compagnie française Thomson-Houston à Malakoff, avec des moteurs du système Latoux étudiées par l'auteur. Pour cette ligne l'énergie est fournie par un groupe moteur-générateur dont le moteur à courant continu, branché sur le feeder à 500 volts de l'usine des tramways de Malakoff, actionne un alternateur à courant alternatif simple à 25 périodes par seconde et 500 volts.

La voiture est identique à celles faisant le service de l'Étoile à Montparnasse, sur le réseau des Tramways-Sud.

Elle fonctionne en navette sur une ligne de 1600 m, entre la rue des Clozeaux (Malakoff) et le Clos Montholon.

Elle est actionnée par 2 moteurs à 4 pôles pouvant donner chacun 37 kw à 300 volts, 25 périodes avec 75° C d'échauffement maximum après une heure de marche (les portes de visite des moteurs étant fermées). Dans l'essai d'échauffement, le collecteur, qui était le point le plus chaud du moteur, s'échauffait seul de 75° C, les autres points ne dépassaient pas 60° d'échauffement.

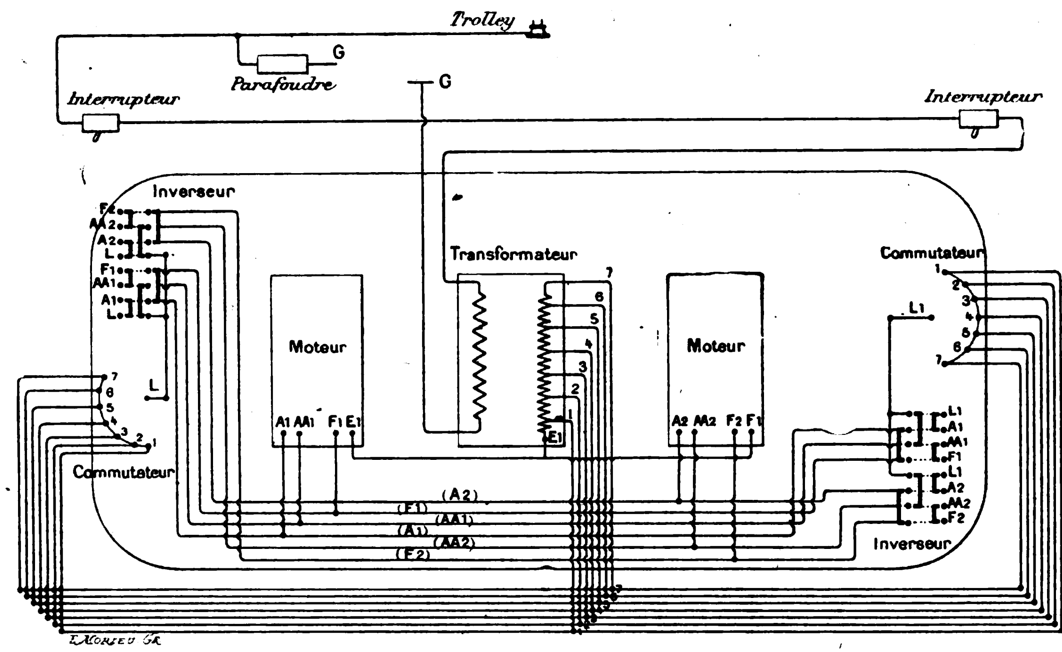


Fig. 4. — Équipement de la voiture Thomson-Houston à courant alternatif simple.

Le rendement propre des moteurs est de 84 pour 100.

L'entrefer est de 2 mm et la réduction d'engrenage 4,6.

Un transformateur logé sous la caisse de la voiture abaisse la tension de 500 à 300 volts et au-dessous, des prises auxiliaires étant prévues à l'enroulement secondaire pour régler la vitesse du moteur par variation de tension aux bornes. Bien qu'on ait pu employer un autotransformateur, il a été utilisé un transformateur à double enroulement de manière à se rapprocher le plus possible des conditions d'équipement d'une voiture à haute tension. (Les règlements administratifs ne permettaient pas une tension plus élevée aux environs de Paris.)

Le transformateur est plongé dans une cuve à huile.

L'exposé du principe du moteur permet immédiatement en se rapportant aux gravures ci-jointes de comprendre la construction.

Sur le contrôleur, il a été prévu un dispositif de ressort et de came permettant des ruptures brusques quand on veut changer la tension aux bornes des moteurs. Le courant est coupé totalement puis rétabli.

Les essais ont montré que l'entrefer pourrait être augmenté sans inconvénient et que les moteurs peuvent démarrer facilement avec trois fois leur couple normal, soit avec le couple correspondant à la puissance de 110 kw.

Les moteurs pèsent 1350 kg et le transformateur 1100 kg, ce dernier est d'ailleurs prévu beaucoup trop largement.

L. Gratzmuller.

ESSAIS DE LAMPES A FILAMENT DE TANTALE

M. E. Siedek, de Vienne, publie dans la *Zeitschrift für Elektrotechnik* du 7 mai, les résultats d'essais faits sur des lampes au tantale à 110 v. Ces essais sont relatifs à

la variation de l'intensité lumineuse, de la consommation spécifique en fonction de la tension. M. Siedek s'est servi dans ses essais d'un photomètre de Lummer. Les mesures ont commencé à 75 v et ont été poussées jusqu'à 200 v, de 75 à 150 v des mesures ont été effectuées tous les 5 v, au-dessus de 150 v tous les 10 v. Les résultats donnés par les courbes sont les moyennes des résultats obtenus avec 4 lampes. Les essais n'ont porté qu'entre 75 et 200 v, car au-dessous la lumière n'est pas assez intense, tandis qu'au-dessus de 200 v elle l'est trop.

Afin d'avoir un terme de comparaison M. Siedek a procédé aux mêmes essais sur une lampe à filament de carbone, les résultats de ces essais sont indiqués par les courbes à traits minces.

Particulièrement pour les tensions élevées la photométrie était très difficile, car la lumière blanche de la lampe au tantale différait de plus en plus de celle un peu jaune de la lampe étalon. La couleur était à peu près la même à 85 v que celle de la lampe étalon fonctionnant à 110 v.

Les courbes de la figure 1 donnent la variation de l'intensité lumineuse en fonction de la tension aux bornes.

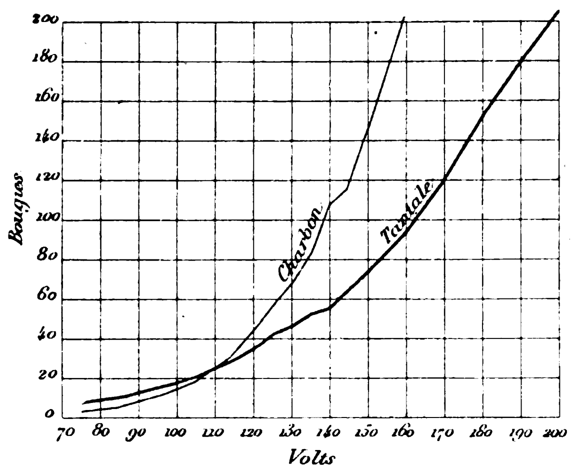


Fig. 1. — Variation de l'intensité lumineuse en fonction de la tension.

La lampe au tantale a une intensité lumineuse de 6,4 bougies normales à 75 v, tandis que la lampe à filament de charbon ne donne alors que 2,5 bougies; à 110 v, les deux lampes ont à peu près la même intensité lumineuse de 25 bougies. Tandis qu'à 160 v la puissance lumineuse de la lampe à filament de charbon atteint 209 bougies, elle n'est que de 93 bougies pour la lampe au tantale. A 200 v l'intensité lumineuse de la lampe au tantale est également de 209 bougies. Les lampes au tantale ont bien fonctionné pendant toute la durée des essais, tandis que des lampes à filament de charbon ont brûlé à 200 v en 3,5 minutes.

Ces dernières chauffaient alors tellement que l'ampoule se déformait sous l'influence de la pression extérieure. Les ampoules des lampes au tantale après l'essai à 200 v étaient à peine noircies, tandis que celles à filament de charbon noircissaient déjà pour des tensions de beaucoup inférieures.

Les courbes de la figure 2 se rapportent à la variation de la puissance absorbée par la lampe, en fonction de tension. On a presque affaire à deux lignes droites, celle

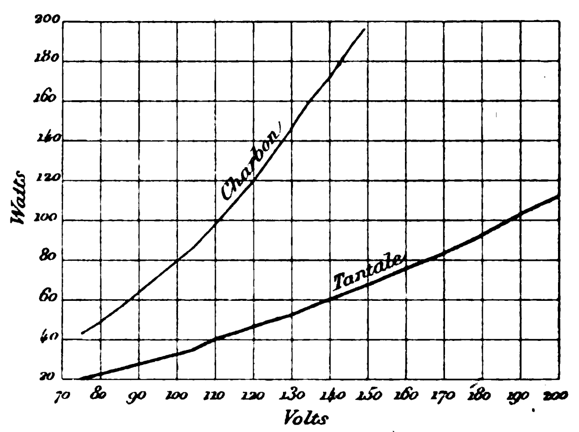


Fig. 2. — Variation de la puissance absorbée en fonction de la tension.

relative à la lampe au tantale étant beaucoup moins inclinée que l'autre. A 200 v les lampes au tantale consommaient à peu près la même puissance que la lampe à filament de charbon à 112 v.

Les courbes de la figure 3 indiquent la variation de la consommation spécifique entre 75 et 200 v. A 75 v, la

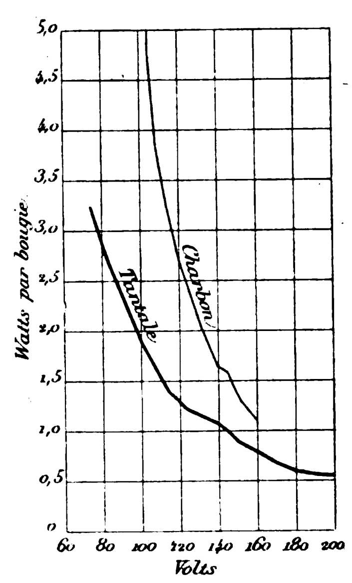


Fig. 3. -- Variation de la consommation spécifique en fonction de la tension.

lampe à filament de charbon consommait 16,8 w par bougie, tandis que la lampe au tantale en consommait 3,2. A 110 v la lampe de comparaison au charbon consommait 3,78 w:b et à 160 v, 1,1 w:b. La courbe relative à la lampe au tantale est plus droite.

Ces essais montrent que les lampes au tantale sont beaucoup moins sensibles aux variations de tension du réseau que les lampes à incandescence ordinaires.

F. L.

SUR LE MONTAGE DES PARAFOUDRES

ET

SUR L'EMPLOI DES BOBINES DE SELF-INDUCTION

Le montage des parafoudres sur les réseaux a été déjà discuté depuis longtemps. Zielinski a entrepris des recherches sur des parafoudres télégraphiques et a conclu que l'on pouvait indifféremment disposer les parafoudres soit en série soit en dérivation. Cependant l'importance des résultats de ces essais est bien amoindrie par le fait qu'on a employé une faible tension et intercalé des résistances d'eau, de sorte que l'on peut à peine conclure à l'analogie avec une décharge atmosphérique.

M. Neesen, d'après un article paru dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, pour éviter ces inconvénients, a adopté dans ses expériences le mode de montage indiqué sur la figure 1. La protection que donne le parafoudre a été

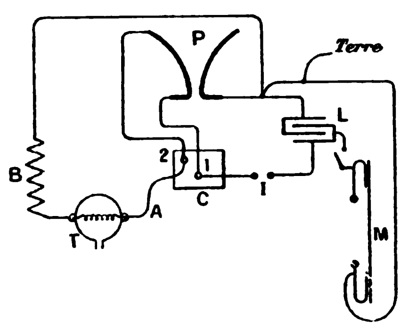


Fig. 1.

mesurée par la quantité d'énergie qu'indiquait un thermomètre à air placé après le parafoudre.

Une batterie de bouteilles de Leyde L était chargée au moyen d'une machine électrostatique M. La tension de décharge était mesurée au moyen d'un électromètre non indiqué sur le schéma. Le thermomètre à air T, dont l'indication est proportionnelle à la quantité d'énergie qui passe encore dans la partie protégée par le paratonnerre, était placé à la suite d'un commutateur C à godets à mercure, 1 et 2. En plongeant le fil *a*, attaché à une des bornes du thermomètre dans le godet 2, le parafoudre est mis en série ; en plongeant le fil dans le godet 1, le parafoudre est mis en dérivation à la manière ordinaire. Les figures 2 et 3 donnent les deux modes de disposition ; dans la figure 2,

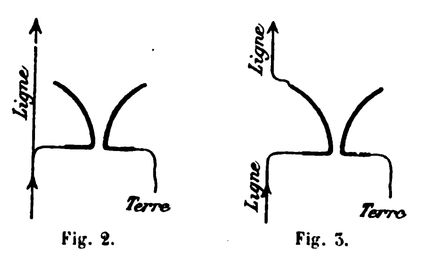


Fig. 2. Fig. 3.

le parafoudre (à cornes) est mis en dérivation, dans la figure 3, il est en série. Après le thermomètre T est placée une bobine d'induction B, dont les spires peuvent être successivement intercalées dans le circuit.

Lors de la première série d'essais, M. Neesen n'avait à sa disposition qu'une machine d'influence à un plateau et 5 grandes bouteilles de Leyde de 40 cm de hauteur et 66 cm de périphérie. En employant toutes les bouteilles, on ne pouvait obtenir sûrement entre les boules I, que des étincelles de 6 mm, et cela seulement après avoir tourné la machine pendant 40 secondes au moins. Cette lenteur dans l'action de la machine a une grande importance au point de vue de l'efficacité des parafoudres. M. Kohlrausch, président de l'Institut impérial de recherches, ayant mis à la disposition de M. Neesen, dans cet Institut, une machine d'influence à 20 plateaux avec une batterie de 8 bouteilles de Leyde de 39 cm de hauteur et 45 cm de pourtour, ce dernier put procéder à des expériences plus concluantes. Bien que, par suite de l'influence du temps, et que même en employant toute la batterie, on ne put obtenir avec sécurité que des étincelles de 15 mm — à des tensions supérieures, les bouteilles perdaient leur charge, — on n'en put pas moins obtenir des résultats de grande valeur, car la machine était rapidement en charge et on obtint des résultats tout autres que dans la première série d'expériences.

Lors des essais avec la machine à un plateau, on ne mettait la machine, qui était ordinairement actionnée à la main, en marche que quand la liaison entre elle et la batterie était établie, tandis que l'intervalle I entre les boules où se produisait l'étincelle était toujours en communication avec la batterie. Dans les essais ultérieurs avec la grosse machine, celle-ci était constamment en communication avec la batterie, elle était actionnée par un moteur électrique, de sorte qu'à des intervalles de temps constants, l'étincelle éclatait. La liaison de l'une des boules de I avec le commutateur C était retirée et, à la place, on établissait un court-circuit avec la terre. Quand on devait faire une observation, on interrompait en manœuvrant un interrupteur bien isolé le court-circuit avec la terre, et on rétablissait la liaison de la figure 1. Lors de ces essais, les résultats sont beaucoup plus réguliers, car l'intervalle d'air I est déjà réglé à l'aide des étincelles qui ont précédé. Les différences entre les lectures d'une même série d'essais ne dépassent pas 5 pour 100, tandis que les valeurs moyennes de diverses séries d'observations sont naturellement beaucoup plus exactes. Même dans les premières observations, les différences entre les diverses valeurs observées ne sont pas assez grandes pour empêcher d'avoir une idée nette des phénomènes. Afin de le montrer, M. Neesen donne comme exemple les deux séries d'essais suivantes :

TABLEAU I. — INDICATION DU THERMOMÈTRE A AIR

Parafoudre à cornes de la Société Siemens et Halske.

	Montage en dérivation.	Montage en série.
	20	2
	18	2
	18	»
	17	2
Moyenne. . .	18,2	2

Parafoudre à plaques. — Distance entre plaques 1 mm.

	Montage en dérivation.	Montage en série.
	24,0	6,7
	25,5	9,0
	25,5	9,2
	»	9,0
Moyenne. . .	25,0	8,5

Distance entre plaques 4 mm.

	33	20
	31	16
	»	17
	»	16
Moyenne. . .	32	18,5

Dans les essais, on a employé les parafoudres suivants :

1° Parafoudre pour ligne télégraphique avec plaques;

2° Parafoudre à cornes de Siemens et Halske;

3° Parafoudre à cornes de l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*;

4° Parafoudre à disques, système Wurts.

On a employé en outre les modèles suivants, construits spécialement pour ces essais :

5° Parafoudre comme le n° 1, avec plaques planes dont on pouvait faire varier la distance;

6° Parafoudre avec plaques repliées;

7° Parafoudre à cornes comme le n° 2, mais dont les cornes, au lieu d'être constituées par du fil de section circulaire, sont formées de lames de tôle de 2 cm de largeur.

A. Influence du mode de montage. — Comme l'on ne pouvait toujours se placer dans des conditions identiques, il était d'abord nécessaire de savoir si les phénomènes dépendent de la valeur de la tension et de la quantité d'électricité en jeu. En accroissant l'espace d'air I, on augmentait la tension, en augmentant le nombre de bouteilles de Leyde mises en parallèle, on augmentait la quantité d'électricité.

Tableau II. — *a.* Influence de la tension

Parafoudre télégraphique n° 1.

Intervalle d'air.	Nombre des bouteilles de Leyde.	Indication du thermomètre dans le cas de montage en série (celui dans le cas de montage en dérivation étant pris égal à 100).
	4	57
	4	51
3	4	53
2	4	57

Parafoudre n° 6.

	5	45
	5	51
4	5	50
3	5	52
2	5	40

b. Influence de la quantité d'électricité

Parafoudre n° 1.

5	1	52
5	2	55
5	3	52
5	5	54

Parafoudre n° 6.

5	1	41
5	3	44
5	5	46

Dans les limites des essais, on n'a pas constaté d'influence provenant de la variation de la tension ou de la quantité d'électricité, comme le montrent les chiffres suivants. L'indication du thermomètre dans le cas où le parafoudre est placé en dérivation (fig. 3) est prise égale à 100. Ces chiffres se rapportent de la première série avec la petite machine d'influence.

Résultats. — Ainsi que le montrent déjà les nombres donnés ci-dessus, les parafoudres sont beaucoup plus efficaces quand ils sont montés en série que quand ils sont montés en dérivation. L'influence du montage varie avec les divers genres de parafoudre, ainsi que le montre le tableau suivant, dans lequel sont indiquées les valeurs moyennes de l'indication du thermomètre pour le cas de montage en série, l'indication pour le montage en dérivation étant prise égale à 100. On a fait varier l'intervalle d'air des parafoudres; comme pour le parafoudre télégraphique n° 1, on ne pouvait dépasser 2 mm pour cet intervalle, on a employé le parafoudre n° 5.

Plus petite est l'indication du thermomètre, plus grande est la sécurité que donne le parafoudre. Donc, plus les chiffres du tableau suivant sont faibles, plus efficace est le montage en série pour le parafoudre considéré.

Tarleau III.

Distance explosive du parafoudre en mm.	Nom et désignation du parafoudre.				
	1. Télégraphe.	5. Avec plaques plates.	2. A cornes de S. et H.	3. A cornes de l'A. E. G.	4. A disques.
0,8	55	»	9	6	»
1	53	33	9	»	»
2	»	28	11	6	46
3	»	42	35	14	»
4	»	54	63*	18*	»

Les deux nombres marqués d'un astérisque sont incertains, car le parafoudre avec cet intervalle d'air fonctionnait mal.

Comme règle générale, on doit admettre que la différence entre le montage en série et le montage en dérivation est d'autant plus grande que l'intervalle d'air entre les deux parties du parafoudre est plus petit.

La différence des divers parafoudres entre eux est très grande; c'est dans les parafoudres à cornes, que l'on a l'habitude de monter en dérivation, que l'influence du montage en série se fait le plus sentir. Le parafoudre à cornes Siemens monté en série ne laisse passer dans la canalisation à protéger que la dixième partie de l'énergie qu'il laisse passer lors du montage en dérivation; le parafoudre de l'*A. E. G.* ne laisse passer alors que le vingtième de l'énergie; par contre, le parafoudre télégraphique en laisse passer la moitié.

Le chiffre donné pour le parafoudre à disques s'applique à un essai où l'on n'a employé que deux disques.

La différence entre la manière de se comporter des divers parafoudres peut être attribuée à leur self-induc-

tion. En effet, plus ils ont de self-induction, plus leur action est combattue dans le montage en dérivation. On peut du reste se rendre compte de ce fait quand on intercale en arrière du thermomètre des self-inductions de diverses valeurs.

L'intercalation d'une bobine B ayant 20 spires a donné, au lieu des nombres de la série précédente, ceux ci-dessous :

Tableau IV. — Influence de la self-induction

	1 Parafoudre télégraphique.	3 Parafoudre à cornes de S. et H.
Sans bobines	52	13
Avec bobines	50	20

Une autre preuve est donnée par la série suivante, dans laquelle la première colonne donne le nombre de spires intercalées; dans les autres colonnes sont indiquées de nouveau les indications du thermomètre pour le montage en série, en pour 100 :

Tableau V.

Nombre de spires.	Parafoudre 1. Télégraphique	5. A disques.	6. Nouveau.	3. A cornes de S. et H.	4. A cornes de l'A.E.G.
0	66	47	30	12- 9	5-2,8
1	»	45	»	18-12	3-2
2	69	»	32	»	»
3	»	43	34	16-18	5-4
5	64	46	40	21-27	7-5

Dans ce tablean, sont indiquées deux séries de chiffres pour chacun des parafoudres à cornes, parce que, avec ces appareils, dans les cas de montage en série, les indications du thermomètre étaient petites, de sorte que l'erreur relative était grande.

Tandis que pour les deux premiers parafoudres, qui n'ont pas grande self-induction, le rapport reste à peu près le même, dans le cas de parafoudres à cornes, la différence entre les deux systèmes de montage devient moindre quand l'on met plus de self-induction dans le circuit.

Deuxième série de mesures. — Dans les essais entrepris à l'Institut impérial des recherches, on a généralement employé 8 bouteilles de Leyde et un intervalle d'air pour l'étincelle de 11 mm, car on avait constaté dans des essais antérieurs, qu'il était difficile d'obtenir des étincelles persistantes avec un intervalle plus grand. Même avec ces étincelles de 11 mm, on a été obligé de placer le fil qui reliait la batterie au micromètre à étincelles dans un tuyau en caoutchouc pour éviter les décharges dans l'air.

Les résultats qualitatifs des nouvelles séries de mesures sont les mêmes que ceux des premières. Quantitativement, les résultats sont très différents. Dans la table suivante, les indications du thermomètre à air sont rapportées pour le montage en série, les indications pour le montage en dérivation étant égales à 100; la deuxième ligne donne la distance entre les deux parties du parafoudre : celle en communication avec la ligne et celle en communication avec la terre.

Tableau VI.

	Nom du parafoudre. 1. Télégraphe.	A disques.	A cornes de l'A. E. G.		A cornes de S. et H.		N° 6.	
Distances, en mm.	0,8	2	0,8	4	0,8	4	0,8	4
Indication dans le cas de montage en série	86	60	»	30	56	59	67	65

Les fortes différences entre les divers appareils constatées dans le tableau 3 sont moins accusées, quoique étant toujours élevées, ainsi que le montre la comparaison entre le parafoudre à cornes de l'*A. E. G.* et le parafoudre pour télégraphe. La distance entre les deux parties du parafoudre n'a plus l'influence énorme constatée dans les essais antérieurs; ceci est dû à l'énorme tension; en réduisant celle-ci (en ramenant par exemple la distance explosive à 6 mm), le parafoudre *A. E. G.* a donné dans le montage en série 30 pour 100 de la valeur obtenue lors du montage en dérivation.

La différence doit être attribuée au débit de la machine. Pendant la durée de la charge, il se produit des modifications dans l'intervalle d'air qui sépare les deux parties du parafoudre, qui influent sur la facilité de la décharge et font que le montage en série est beaucoup plus avantageux que le montage en dérivation. Plus l'intervalle d'air du parafoudre est grand, plus la préparation est lente à se produire et, pour un temps donné, la différence entre les deux montages en dépend; du reste, en intercalant des résistances liquides entre le parafoudre et la terre, on augmente le temps de la décharge, et l'on produit le même effet. Une solution faible de chlorure de potasse ayant une résistance de 300 ohms, a été intercalée dans la conduite à la terre du parafoudre; dans la conduite allant au thermomètre à air, afin que ce dernier ne reçoive pas toute l'énergie, on avait intercalé une bobine ayant une self-induction considérable. Les résultats étaient alors en concordance avec ceux de Zielinski, on ne trouvait plus de différence entre les deux systèmes de montage. En même temps disparaissait aussi la différence entre les divers parafoudres au point de vue de leur efficacité.

Il est à remarquer que l'intercalation d'une distance explosive dans la liaison à la terre du parafoudre, distance que l'on pourrait croire entrainer une résistance infinie, n'a pas l'influence de la résistance liquide. Avec le parafoudre à disques, on a pu intercaler à la suite les uns des autres 4 intervalles d'air. On obtint pour le montage en série les chiffres indiqués au tableau suivant, les indications du thermomètre pour le montage en dérivation étant prises égales à 100; dans ce tableau n désigne le

nombre de spires actives de la bobine d'induction placée en arrière du thermomètre à air.

TABLEAU VII.

Valeurs de n.	Nombre d'intervalles d'air. 1.	2.
5	66	70
20	60	60

La quantité de l'énergie dérivée par le parafoudre à la terre n'est pas influencée par le nombre d'intervalles d'air placés dans la liaison du parafoudre à la terre. Il faut naturellement que la tension nécessaire pour franchir ces intervalles soit de beaucoup inférieure à la tension de décharge. Les indications observées ne varient pas, quel que soit le nombre d'intervalles d'air, ainsi que le montre le tableau 8.

TABLEAU VIII.

Nombre des intervalles d'air	1	2	3	4
Indication du thermomètre lors du montage en série	38	37,3	37,8	37

Lors de l'emploi d'une résistance liquide (on utilisait pour cela un vase système Kohlrausch), la décharge se produisait plutôt sous forme d'étincelle d'une électrode au support qu'à travers la solution de chlorure de potassium. Si la décharge se produisait ainsi, le parafoudre était plus efficace, c'est-à-dire que le thermomètre à air avait une indication moins élevée.

Comme résultat pratique de ces essais, on doit remarquer que les deux modes de montage sont également efficaces dans le cas de décharge lente, tandis que pour des décharges rapides, le montage en série a une efficacité beaucoup plus grande que le montage en dérivation. Comme les décharges dangereuses sont les plus rapides, il s'ensuit que l'on doit toujours employer le montage en série, principalement dans le cas de parafoudres à cornes, surtout avec celui de l'*Allgemeine*.

L'influence de l'intercalation d'une résistance liquide dans la liaison avec la terre est très discutable. Comme on sait depuis longtemps que l'emploi d'une telle résistance, pour éviter les courts-circuits, est au désavantage de l'efficacité du parafoudre, M. Neesen ne cite aucun chiffre. On fera mieux d'éviter le court-circuit en employant plusieurs intervalles d'air comme dans le parafoudre à disques, en employant un dispositif pour souffler l'étincelle, soit magnétique, soit thermique ou électrodynamique comme dans l'appareil à cornes.

B. INFLUENCE D'UNE SELF-INDUCTION INTERCALÉE ENTRE LE PARAFOUDRE ET L'APPAREIL A PROTÉGER. — On connaît bien l'utilité d'intercaler, entre le parafoudre et l'appareil à protéger, une self-induction, mais on n'a pas de données précises à ce sujet, on ne sait pas si l'utilité est très grande et si l'on doit employer du fer ou non dans la construction de cette self-induction.

Dans les essais, M. Neesen a employé deux sortes de bobines, toutes les deux étaient constituées par du fil nu, enroulé sur un cylindre de verre, les spires étant séparées par de la paraffine. Les dimensions étaient les suivantes :

	Petite bobine. N° 1.	Grande bobine. N° 2.
Diamètre, en cm	5	12,2
Distance entre spires, en cm	1	1,5
Longueur d'une spire, en cm	17,5	39,0
Longueur de 5 spires, en cm	87,5	195,5
Longueur de 20 spires, en cm	352	»

On a utilisé la bobine n° 1 soit sans fer, soit en remplissant le cylindre intérieur de barreaux de fer doux.

Les indications du thermomètre à air peuvent être exprimées par la relation :

$$x = a \cdot b^{-n},$$

dans laquelle x représente l'indication lue, a et b sont deux constantes et n le nombre de spires de la bobine de self-induction.

En règle générale, la formule suivante était réalisée :

$$x = a(b+n)^{-c}.$$

Au lieu d'indiquer des valeurs pour les constantes et de donner des chiffres, M. Neesen a donné des courbes.

La figure 4 donne l'influence des diverses spires de la bobine n° 2 (grande bobine).

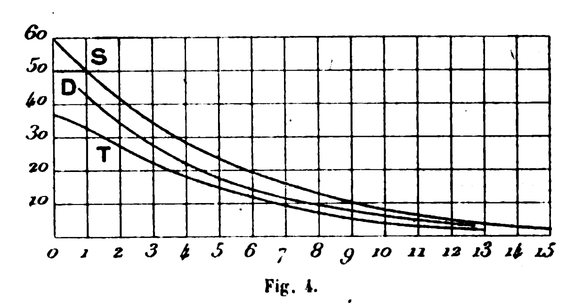


Fig. 4.

La figure 5 se rapporte à la petite bobine n° 1 sans fer.

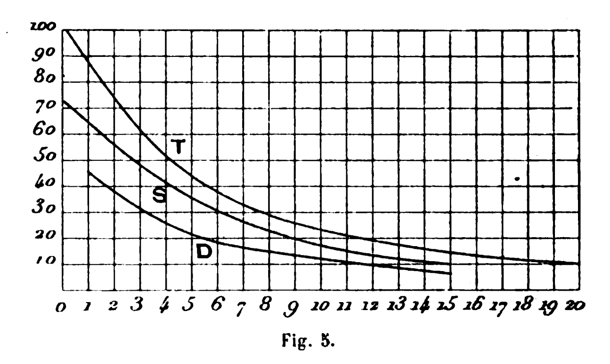


Fig. 5.

La figure 6 se rapporte à la petite bobine n° 1 avec fer.

Les indications du thermomètre sont portées en ordonnées, les abcisses donnent le nombre de spires de la bobine.

La courbe pour le parafoudre télégraphique est marquée T, pour le parafoudre Siemens et Halske à cornes S, pour le parafoudre de l'*Allgemeine* A et pour celui à disques par D. Toutes les courbes sont caractérisées par une chute brusque au commencement. Dans le parafoudre

télégraphique, l'intercalation des 5 premières spires de la bobine fait tomber l'indication de 102 à 45, donc de 56 pour 100, tandis que, en ajoutant 5 spires aux 15 premières spires, l'indication tombe de 16 à 10, soit de 37 pour 100. En employant la grosse bobine pour le parafoudre à cornes Siemens, avec les 5 premières spires

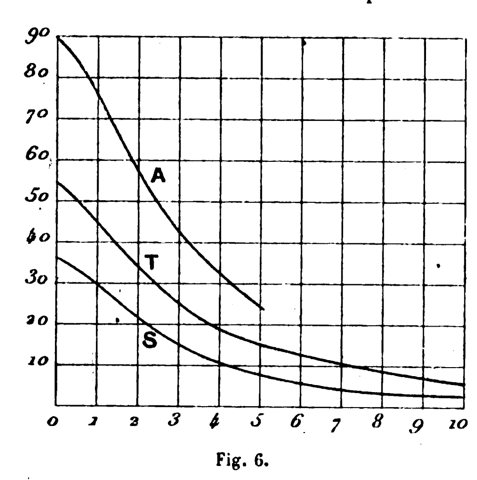


Fig. 6.

l'indication tombe de 58 à 22, soit de 62 pour 100, tandis que l'addition des 5 dernières (de 10 à 15) produit un abaissement des indications de 8 à 4, soit de 50 pour 100.

L'emploi du fer dans la bobine augmente son action, mais pas dans la proportion où il augmente le coefficient de self-induction de la bobine, comme le montre le tableau suivant :

TABLEAU IX.

DÉSIGNATION.	NOMBRE DE SPIRES				
	SANS FER.			AVEC FER.	
	0.	5.	10.	5.	10.
Parafoudre télégraphique . .	45	25 (44)	17 (62)	12 (72)	9,7 (78)
Parafoudre de S. et H. . . .	59	35,5 (44)	24 (61)	17 (70)	8 (86)

Les nombres placés entre parenthèses indiquent la réduction en centièmes par rapport à l'indication pour zéro spires.

En plaçant quelques spires de plus, on a le même effet que par l'emploi du fer.

L'explication de ce fait est probablement que, vu la faible durée des décharges, le fer n'a pas le temps de s'aimanter à cause de l'hystérésis.

Si l'on compare les résultats obtenus avec les 2 bobines, on voit qu'avec la même longueur de spires on a la même influence. 3 spires de la grosse bobine diminuent les indications de 57 pour 100; 6,6 spires de la petite bobine qui ont la même longueur les diminuent de 53 pour 100. Ce petit avantage de la grosse bobine se manifeste tout le temps, le calcul montre que la self-induction de la grosse bobine, à longueur égale de fil, est un peu plus grande.

Dans le calcul des bobines, on devra ne pas tenir compte du noyau en fer, mais faire entrer en ligne de compte la self-induction des appareils. L'utilité d'une bobine de self-induction semble avoir été exagérée si on réfléchit que les appareils à protéger ont tous une self-induction plus forte. L'influence de la bobine tombe donc dans la partie en ligne droite des courbes, qui est presque parallèle à l'axe des abcisses, c'est-à-dire que leur emploi donne peu de résultats.

Afin d'éclaircir encore ce point important, M. Neesen a, par l'addition d'une longue spirale de fil mince de fer (de 0,05 mm de diamètre), rendu le thermomètre assez sensible pour que, en plaçant en arrière une longue bobine S avec un noyau en fer, sans mettre de résistance dans la liaison du parafoudre avec la terre, on obtienne des indications très faciles à observer. Les résultats sont indiqués ci-dessous :

NOMBRE DE SPIRES DE LA BOBINE I.		LONGUEUR DE L'INTERVALLE D'AIR DU PARAFOUDRE, EN MM.	
		4.	0,8.
	Parafoudre à cornes de l'A. E. G. (A).		
20	Sans bobine S . . .	76	»
20	Avec bobine S . . .	8	6
16	— . . .	8,2	»
11	— . . .	9,7	»
5	— . . .	10,1	»
0	— . . .	10,8	7,2
	Parafoudre télégraphique.		
20	Avec bobine S . . .	»	4,5
0	— . . .	»	4,0

Comme le montrent les chiffres relatifs au parafoudre télégraphique, l'influence de la bobine à réaction est faible et inférieure aux erreurs d'observation. Les nombres relatifs au parafoudre de l'*A. E. G.* montrent que les indications du thermomètre sont aussi élevées que dans les cas précédents.

L'intercalation de 20 spires a donc fait passer l'indication pour le parafoudre de l'*A. E. G.* de 10,8 à 8, elle l'a donc diminué de 26 pour 100; tandis que dans le cas de non-emploi de la bobine S dans un autre essai, l'intercalation de 9 spires a fait passer l'indication de 92,5 à 19, produisant une réduction de 79 pour 100. L'emploi de la bobine de self-induction est un peu plus efficace dans le cas de parafoudre à disques, quand on intercale une résistance liquide sur le fil de terre; au lieu d'une diminution antérieure de 26 pour 100, on obtient alors 50 pour 100.

L'emploi des self-inductions est donc un moyen incomplet; on doit plutôt chercher à utiliser un parafoudre efficace. F. L.

DISJONCTEUR TRIPOLAIRE A MINIMA

POUR LA PROTECTION DES MOTEURS TRIPHASÉS

SYSTÈME CHOULET

On sait quel intérêt s'attache au fonctionnement en toute sécurité *sans surveillance* des moteurs électriques placés chez les abonnés des réseaux.

La protection des moteurs à courant continu est facile à réaliser au moyen de démarreurs à déclenchement automatique; elle l'est également pour les moteurs à courant alternatif simple, grâce à l'emploi de disjoncteurs ordinaires.

Mais il n'en est pas de même des moteurs à courants triphasés qui, pour être efficacement protégés, doivent être mis hors circuit, lorsque le courant vient à manquer sur une phase.

Parmi les diverses dispositions proposées pour arriver à ce but, l'une des plus simples et des plus élégantes est certainement celle qu'a imaginée M. Choulet, ingénieur de la Société méridionale de transport de force, à Carcassonne, et que construit la Société industrielle des téléphones.

Le disjoncteur de M. Choulet se compose de trois disjoncteurs minima accouplés; mais, comme le montre le schéma (fig. 1), les connexions sont faites de telle façon

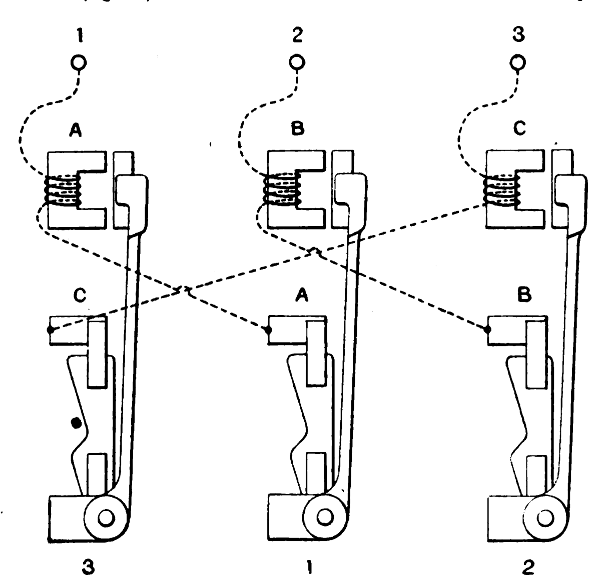


Fig. 1. — Couplage du disjoncteur à maxima, système Choulet.

que, lorsque le courant manque dans la bobine A, par exemple, il en résulte une coupure du circuit de la bobine C et ainsi de suite, de façon qu'un manque de courant sur un des fils provoque infailliblement l'ouverture successive des trois interrupteurs.

En disposant en avant du disjoncteur Choulet un fusible, comme cela est indiqué sur le schéma (fig. 2), on obtient un ensemble fonctionnant à maxima et à minima afin de protéger te moteur dans tous les cas :

1° *Arrêt accidentel du courant sur les 3 fils.* — Le disjoncteur fonctionne à *minima.* Le rotor ne risque pas de griller par le retour du courant.

2° *Arrêt du courant sur un seul des 3 fils.* — Cet arrêt peut être provoqué par la rupture d'un fil de ligne ou la fusion d'un fusible. Le disjoncteur coupe les trois fils en

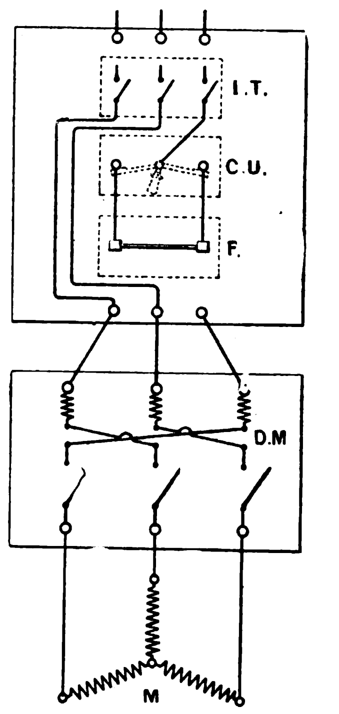


Fig. 2. — Tableau du disjoncteur à maxima.

I.T, interrupteur tripolaire. — C.U, commutateur unipolaire à deux directions sans interruption. — F, fusible calibré. — D.M, disjoncteur à minima. — M, moteur.

fonctionnant à *minima* sur un seul fil et empêche le moteur de continuer à marcher en courant alternatif simple, et par suite, de se détériorer.

3° *Baisse de tension.* — Il peut se produire une forte baisse de tension aux bornes du moteur. Dans ce cas, le courant pourrait devenir dangereux. Le disjoncteur fonctionne à *maxima.*

4° *Surcharge du moteur.* — Le moteur développant une puissance trop forte risquerait de se détériorer. Le disjoncteur fonctionne à *maxima.* A. Z.

Téléphones de l'Industrie électrique :

Rédaction : Nos **812-89.**

Administration : Nos **704-44.**



NOUVEAU SYSTÈME DE PROTECTION

DES

APPAREILS TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

RELIÉS A DES LIGNES AÉRIENNES

La nouveauté du système consiste à substituer de petits disjoncteurs aux bobines thermiques généralement employées pour protéger les appareils téléphoniques et télégraphiques contre les courants d'une intensité un peu élevée.

On sait les inconvénients de la bobine thermique :

1° Introduction d'une résistance très appréciable dans le circuit de ligne.

2° Constante de temps élevée pouvant laisser détériorer les appareils délicats avant la coupure du courant.

3° Destruction partielle ou totale de la bobine après fonctionnement.

Le nouveau dispositif (fig. 1), qui est dû à M. Van Deth, ingénieur à la Société industrielle des téléphones, est constitué par un petit solénoïde, qui, pour une intensité de courant déterminée attire un petit noyau (N), lequel vient frapper un crochet (C) qui, en pivotant, déclenche le ressort (R) et interrompt par suite le courant. Une simple pression du doigt sur un petit ergot saillant (E) permet de réenclencher l'appareil.

Ce dispositif présente les avantages suivants :

1° Résistance électrique du solénoïde extrêmement faible.

2° Coupure instantanée du circuit.

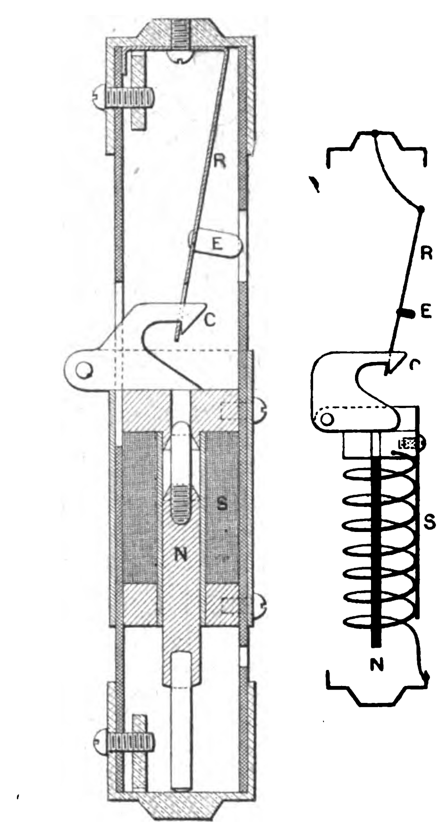
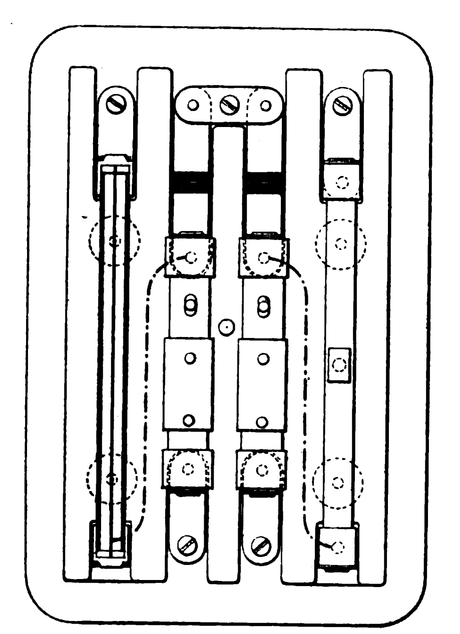
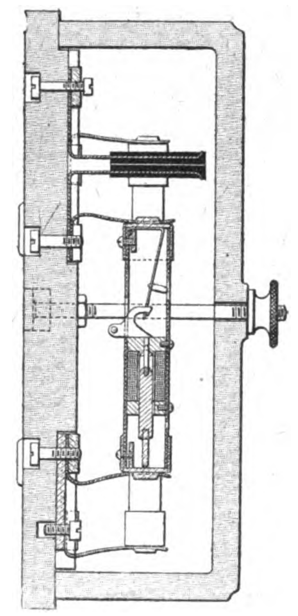


Fig. 1. — Protecteur Van Deth. Coupe longitudinale et schématique.

3° Remise en position de fonctionnement extrêmement simple.

4° La bobine possède un peu de self, ce qui a l'avantage de forcer le passage des décharges à travers le parafoudre.





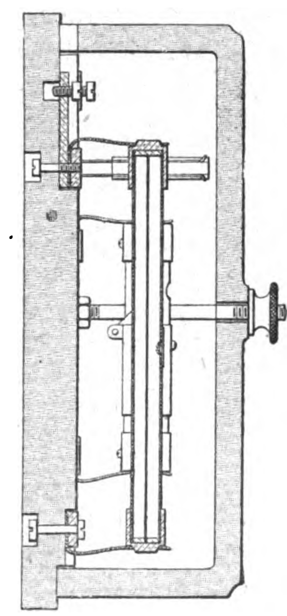


Fig. 2. — Protecteur d'appareils télégraphiques et téléphoniques, relié à des lignes aériennes système Van Deth.

L'appareil représenté figuré 2 est bipolaire et représente la forme la plus complète du système de protection à établir sur une ligne à double fil. A. Z.



CORRESPONDANCE ANGLAISE

Le pont transbordeur électrique entre Runcorn et Widnes. — Cet important transbordeur, qui était en construction depuis trois ans et demi, est maintenant achevé, et il a été inauguré, et livré au service public, par Sir John Brunner.

Le pont est du type transbordeur bien connu, et, comme forme générale, il ressemble assez à un pont suspendu ordinaire, sauf que les approches du pont sont à un niveau très bas. Les piétons et les voitures sont transportés dans un car suspendu qui vient au bas du pont.

Le pont franchit la rivière de la Mersey et le Ship Canal, réunissant Runcorn sur la côte du Cheshire à Widnes, sur la côte du Lancashire, à travers un espace de 300 mètres, ce qui est bien la plus grande longueur franchie par un pont dans le Royaume-Uni.

Les ingénieurs du pont sont M. John Webster, de Westminster, et M. John Wood, de Liverpool; les entrepreneurs pour la superstructure sont l'Arrol's Bridge and Roof C°, Glasgow; l'installation électrique a été faite par MM. Matter et Platt, de Manchester. Les quatre piliers sont construits entièrement en acier, et chacun est constitué par quatre jambes carrées reliées ensemble et formant poutre, au haut de laquelle est aménagée une lanterne d'un diamètre de 2,20 mètres pouvant recevoir cinq grandes lampes à arc. Il y a deux câbles principaux, chacun est formé de 2413 fils d'acier, fixés dans le roc, fabriqués et installés par la St-Helen's Cable C°. A ces câbles sont suspendues deux poutres longitudinales, sur les rebords inférieurs desquelles court un trolley électrique. Au-dessous du trolley, est suspendu le car transbordeur, qui a 17,5 mètres de longueur et 7,5 mètres de largeur; il peut porter en une fois deux attelages à deux chevaux et 300 personnes.

Au bout du transbordeur est fixée la cabine de manœuvre dans laquelle est placé le contrôleur et tous les autres appareils au moyen desquels l'opérateur manœuvre facilement le transbordeur; il peut le faire avancer, reculer, ou appliquer les freins à volonté. Le temps pris pour effectuer une traversée avec le pont est de 2 minutes, 30 secondes; de sorte qu'en y comprenant le chargement et le déchargement, il sera possible de faire 9 ou 10 traversées par heure.

Le coût de l'entreprise s'élève à 3 250 000 fr, ce qui est à peu près le tiers du coût d'un pont ordinaire à tablier élevé et avec des approches coûteuses.

Le chemin de fer électrique de Manchester. — Une Compagnie vient de se former pour la construction d'un chemin de fer électrique devant desservir la banlieue et les faubourgs de Manchester. On pense que la ligne (qui sera ouverte aussi bien aux voyageurs qu'aux marchandises) devra couper et relier entre elles toutes les lignes principales existantes allant de Londres à Manchester. On établira une nouvelle gare terminus située au centre, sur le côté sud de Manchester, d'où la ligne prendra la direction du sud-ouest vers le Cheshire sur 11 km, pour se continuer ensuite par la ceinture extérieure, tout autour des quartiers de résidence de North Cheshire, et cela dans un rayon moyen de 14 km autour de Manchester (Town-Hall). La ligne passera à environ 5 km des routes actuelles fréquentées par les tramways électriques. Les promoteurs de cette entreprise pensent qu'elle possèdera comme avantage exceptionnel une grande sécurité d'exploitation, ce qui annihilera toute concurrence future par les services de tramways électriques ou omnibus-automobiles, qui pourront circuler sur les grandes routes, car il n'y a dans les quartiers en question aucun chemin convenable qu'on puisse utiliser pour se servir sans encombre de ces formes de locomotion moderne.

Cette semaine aura lieu une réunion de financiers intéressés; on leur soumettra les projets de l'ingénieur, et on discutera dans quelle mesure un appui pourra être donné à un bill du Parlement.

La réunion annuelle de la Royal Society. — Elle a eu lieu dernièrement, cette réunion, et son principal intérêt réside dans une communication sur les soupapes électriques. Sir Oliver Lodge a donné connaissance d'un travail sur l'emploi des soupapes électriques pour la production d'un courant redressé à très haute tension. Dans l'appareil qu'il a fait fonctionner, la soupape électrique est organisée exactement de la même manière que les soupapes hydrauliques actionnées par une pompe. Avec l'appareil électrique, une bobine d'induction jouait le rôle de la pompe; elle envoyait le courant redressé par la soupape dans un condensateur, qu'on pouvait regarder comme jouant le rôle du réservoir à air des pompes refoulantes ou d'un accumulateur. Il fut intéressant de remarquer comment ce condensateur était graduellement chargé jusqu'à ce que, à un certain moment, la charge accumulée passât à travers un intervalle vide d'air mis entre les bornes et d'une longueur considérable. La soupape électrique employée était un tube à vide avec une électrode de mercure, ressemblant à une lampe de Cooper Hewitt.

Sir Oliver Lodge a fait des expériences intéressantes pour illustrer une théorie ingénieuse de l'action de ces soupapes électriques.

Si on place un entonnoir au-dessus d'une électrode positive, disposée dans l'air, on trouve qu'on ne peut obtenir de décharge disruptive à travers l'air avant un intervalle de temps de plusieurs secondes. Il suppose que l'accumulation d'électrons libres positifs dans l'entonnoir empêche le passage du courant. Lorsque ces électrons se sont répandus, le courant peut passer sans difficulté. La soupape électrique de Gaugain et la soupape à entonnoir de Holtz, qui furent inventées il y a près de cinquante ans, trouveront probablement mainte-

nant, pour la première fois, la vraie explication de leur fonctionnement.

Le professeur Fleming a montré une autre application des soupapes électriques. La soupape qu'il a employée consiste en une ampoule renfermant un filament de carbone, construit comme une lampe à incandescence. Le filament est entouré d'un cylindre métallique, et le vide est excessivement poussé dans l'ampoule. On sait que, dans un tel appareil, lorsque le filament est incandescent, l'électricité négative peut traverser l'intervalle séparant le filament chaud du cylindre, mais pas dans la direction opposée. Fleming a utilisé cette propriété pour séparer les courants de sens inverse des oscillations électriques. Il employa un galvanomètre du type de ceux que l'on utilise comme récepteurs dans la télégraphie sans fil, montrant qu'il y avait redressement du courant. La soupape peut, dès lors, remplacer le cohéreur, et on reçoit les signaux sous forme de déviations, longues ou brèves, du galvanomètre.

Sir William Crookes a ensuite fait d'intéressantes expériences montrant l'action de la lumière et du radium sur le verre. Le radium paraît avoir une action sur le verre contenant du manganèse, de la même manière que la lumière ordinaire, c'est-à-dire que tous les deux produisent la décoloration; mais le radium produit autant d'effet en quelques secondes que la lumière en une année.

M. Hutton a exposé de nouveaux modèles de fours électriques de laboratoire. Les fours consistent en un tube, un bâton ou une lame de charbon chauffés par le passage d'un courant électrique.

Dans les fours à tube, le charbon est entouré de matériaux présentant une mauvaise conductivité thermique, qui sert aussi à protéger le tube chaud de l'oxydation. La substance à chauffer est placée dans une nacelle en charbon à l'intérieur du tube, et on peut ainsi la porter à une très haute température. Le moyen employé pour amener le courant au charbon consiste à souder des tubes à circulation d'eau aux bouts du tube en charbon, cuivrés par la galvanoplastie. On emploie les fours à bâton et à lame lorsqu'on veut faire fondre ou chauffer les substances placées autour du charbon..

Quelques échantillons d'oxydes réfractaires, fondus dans un four électrique, furent présentés par l'auteur. Des tubes de quartz fondu, d'une dimension considérable, furent en particulier très remarqués. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 5 juin 1905.

Sur la dynamique de l'électron. — Note de M. Poincaré. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Observations magnétiques à Tananarive. — Note du R. P. Colin. (*Extrait.*) — Comme les années précédentes, j'ai déterminé toutes les semaines les valeurs absolues des trois éléments magnétiques, à l'observatoire de Tananarive, avec les instruments de Brunner. La série de 12 mois que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie correspond à l'année météorologique sous nos latitudes; elle commence avec la saison sèche, depuis mai jusqu'à octobre, et se termine avec la saison pluvieuse, depuis novembre jusqu'à avril inclusivement....

On déduit des observations, qu'à Tananarive, depuis le mois de mai 1904 jusqu'en avril 1905 : 1° la déclinaison a diminué de 7′32″; un maximum a eu lieu au mois d'août, un minimum en février; 2° l'inclinaison a augmenté de 1′5″; un maximum s'est produit en janvier, un minimum en septembre; 3° la composante horizontale a diminué de 0,00028; elle a éprouvé un maximum en novembre, un minimum en mars.

Nouveau mode d'application du tube de Pitot-Darcy à la mesure de la vitesse des conduites d'eau sous pression. — Note de M. H. Bellet, présentée par M. Boussinesq. — Pour pouvoir déterminer le rendement d'un moteur hydraulique alimenté par une conduite forcée, il est nécessaire de pouvoir mesurer aussi exactement que possible le débit de cette conduite.

Voici un nouveau dispositif qui, adapté au tube de Pitot-Darcy, permet de mesurer la vitesse avec une très grande approximation. Il est basé sur le même principe que l'appareil enregistreur dont M. Mesnager a entretenu l'Académie dans sa note du 11 janvier 1904; mais il est plus sensible, car il peut déceler une différence de pression pouvant être inférieure à $\frac{1}{10}$ de millimètre d'eau. Il consiste à relier l'un des ajutages du Pitot-Darcy à l'une des branches d'un tube en U, non capillaire, dans lequel on a préalablement versé un liquide A, non miscible à l'eau et un peu plus dense que celle-ci, et à relier l'autre ajutage à l'autre branche de l'U, de manière à constituer un circuit complètement fermé.

Lorsque l'eau de la conduite est animée d'une certaine vitesse, la pression n'étant pas la même dans les deux ajutages, il se produit, dans les deux branches du tube en U, une dénivellation des surfaces de contact de l'eau et du liquide A. Si l'on désigne par D la densité du liquide A, et par h la hauteur de la dénivellation produite, la relation qui donne la vitesse v en fonction de h est :

$$k\frac{v^2}{2g} = h(D-1),$$

k étant le coefficient pratique du Pitot-Darcy. Ce coefficient est d'ailleurs très voisin de l'unité.

On voit immédiatement que la sensibilité du manomètre pourra être très grande, et qu'elle le sera d'autant plus que la densité du liquide A sera elle-même plus voisine de l'unité.

Au lieu d'employer un liquide plus dense que l'eau,

on peut également employer un liquide moins dense. Il suffit simplement de renverser le tube en U.

Le liquide employé A doit être non miscible à l'eau et insoluble dans celle-ci. Il ne doit pas mouiller le verre et, pour faciliter les lectures, il doit être coloré, ou bien il doit dissoudre une matière colorante insoluble dans l'eau. Tels sont, par exemple, le sulfure de carbone ($D = 1,27$ environ), le tétrachlorure de carbone ($D = 1,64$ environ), la benzine ($D = 0,85$ environ), les huiles de pétrole, etc.

Le sulfure de carbone, notamment, donne de bons résultats. Sa densité est voisine de 1,27 et l'on peut facilement le colorer avec l'iode, qui est insoluble dans l'eau en présence du sulfure. La séparation du sulfure d'avec l'eau se fait suivant un ménisque très marqué et elle est très nette.

Les vitesses employées dans les conduites d'eau sont généralement comprises entre 1 m et 3 m : s. Or la mesure de la dénivellation peut se faire à 1 mm près; ce qui, pour une vitesse de 1 m, correspond à une erreur sur la vitesse de 3 mm seulement, de sorte que cette vitesse peut être estimée, abstraction faite du coefficient k du Pitot-Darcy, avec une approximation atteignant 0,3 pour 100.

Lorsqu'on soumettra l'appareil à des pressions différentes, la densité du liquide A pourra varier légèrement; mais, sans déterminer exactement la valeur de cette densité, non plus que celle du coefficient k, il suffira de tarer préalablement l'appareil en laboratoire, pour un liquide donné, et de dresser une table correspondante, pour avoir tous les éléments nécessaires à une mesure.

Propriétés magnétiques de l'élément simple de la pyrrothine. — Note de M. Pierre Weiss, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Sur une nouvelle méthode de protection contre les rayons de Röntgen. — Note de M. J. Bergonié, présentée par M. Bouchard. — Le danger qu'il y a à s'approcher souvent et à de faibles distances d'un tube de Crookes en fonction est aujourd'hui parfaitement reconnu de tous. De graves lésions de la peau à marche néoplasique ont été observées et l'action atrophiante des rayons de Röntgen, sur les glandes génitales en particulier [1], permet de prévoir que des désordres, tout aussi graves mais plus cachés, se produiraient à la longue sur l'organisme de ceux qui tous les jours utilisent les rayons X, soit pour le diagnostic, soit pour la thérapeutique.

Les moyens de protection que l'on utilise actuellement pour préserver l'entourage du malade traité ou observé peuvent être classés en deux catégories : 1° les enveloppes opaques pour les rayons de Röntgen placés au voisinage de leur centre d'émission; 2° les écrans protecteurs placés au voisinage de l'opérateur ou recouvrant la partie de son corps à protéger. Dans la première catégorie, il faut ranger les tubes de Crookes en verre opaque et à fenêtre transparente et les localisateurs divers. Dans la deuxième, beaucoup plus nombreuse, il faut ranger tout l'attirail protecteur si varié : lunettes, gants, tabliers, armures, étoffes opaques, paravents de plomb, guérite plombée, etc. Le principal défaut des localisateurs est de provoquer une modification du champ électrique autour du tube, modification qui rend défectueux le fonctionnement de celui-ci. Le plus grand défaut des protecteurs est de gêner les mouvements de celui qui les revêt.

[1] Voy. à ce sujet : 1° Bergonié et Tribondeau, *Action des rayons X sur le testicule du rat blanc* (*Société de biologie*, 12 novembre, 17 décembre 1904 et 21 janvier 1905). — 2° Bergonié, Tribondeau et Récamier, *Action des rayons X sur l'ovaire de la lapine* (*Société de biologie*, séance du 7 février 1905).

La nouvelle méthode de protection, employée déjà depuis six mois dans le service d'électricité médicale de l'Université de Bordeaux et des hôpitaux, ne présente aucun de ces inconvénients. Son principe très simple consiste à placer tout l'entourage du malade au-dessus du plan horizontal prolongeant l'anticathode, et au-dessous de ce plan le malade seul. L'espace est ainsi virtuellement divisé en deux parties, dont l'une, la supérieure, est si complètement indemne de rayons X, qu'on peut y manier la plaque sensible radiographique auprès du tube sans risque de voile.

La réalisation pratique de ce dispositif est aussi simple que son principe : le plan du lit servant à la radiographie ou la radiothérapie est à peine plus élevé que celui du parquet du laboratoire, si bien que, pour les applications radiothérapiques ordinaires, le plan mené par l'anticathode vient au plus au niveau de l'articulation du genou pour l'entourage. Dans les opérations de radiographie avec le radiolimitateur compresseur, à peu près même hauteur du plan horizontal limitant la zone dangereuse. Dans les grandes radiographies du bassin, ce plan peut s'élever jusqu'aux deux tiers de la cuisse d'un homme moyen, jamais jusqu'au-dessus de ses organes génitaux. Pour des hauteurs du tube plus élevées encore, très rarement employées, ou pour placer même nos jambes dans la zone de sécurité, nous avons des sièges surélevés portant nos pieds à 0,50 m du sol.

Une pratique déjà longue de ce dispositif ne nous en a révélé aucun inconvénient. Les avantages en sont nombreux : suppression complète de tout localisateur et simplification sensible de l'appareillage, surveillance parfaite du fonctionnement du tube, durée plus grande de celui-ci, mesure facile de la qualité des rayons émis, etc. Au point de vue de la sécurité, elle est si complète que nous n'avons plus, depuis l'emploi de ce dispositif, observé sur nous-mêmes une seule poussée de radiodermite; les lésions chroniques anciennes de quelques-uns d'entre nous ont une tendance à guérir; le port de guêtres ou jambières opaques a été reconnu inutile; nous n'avons plus ni lunettes, ni gants, ni tabliers, etc.

Ce dispositif ne peut s'appliquer à la radioscopie.

Séance du 13 juin 1905.

La mesure de la capacité des longs câbles sous-marins. — Note de M. Devaux-Charbonnel, présentée par M. H. Becquerel. — J'ai eu l'occasion, depuis quelques mois, d'expérimenter une nouvelle méthode pour mesurer la capacité des câbles sous-marins. Cette méthode paraît susceptible de donner des résultats plus précis que celles qui sont généralement employées. Elle consiste essentiellement à charger en même temps que le câble un con-



densateur placé en cascade et de capacité connue. La capacité du câble se déduit de la charge prise par le condensateur. Le dispositif expérimental est fort simple et les calculs n'offrent aucune difficulté.

Soient respectivement C et X les capacités du condensateur et du câble, E le potentiel de la pile d'essai, U celui de l'armature commune, on a, en exprimant que les charges prises sont égales,

$$C(E-U)=XU. \qquad (A)$$

Si l'on sépare le condensateur et qu'on mette à la terre la face qui était au potentiel V, il prendra un complément de charge

$$Q_1=CU,$$

qu'on mesurera sans difficulté avec un galvanomètre balistique.

Avec la pile seule, le condensateur prend une charge

$$Q_2=CE$$

qu'on mesure de la même façon, et la capacité X du câble est finalement donnée par la formule

$$X=C\frac{Q_2-Q_1}{Q_1}.$$

La méthode est fort commode, les nombres obtenus dans différentes séries de mesures concordent bien entre eux, ce qui garantit l'exactitude des résultats. Pour le câble récemment posé de Brest à Dakar, on a toujours obtenu, malgré la différence des conditions expérimentales, des valeurs comprises entre 1085,8 et 1087,4 microfarads.

Cette précision paraît due à deux causes : la rapidité de la charge et l'élimination des phénomènes parasites tels que les courants telluriquee et les charges résiduelles du diélectrique.

On sait, en effet, que la durée de la charge d'un câble est fonction de sa *constante de temps* (produit de la capacité par la résistance). Cette constante est de 6 à 8 secondes pour les grands câbles. Si le câble est mis en relation directe avec une pile, le calcul montre que le temps de charge est égal à 5 fois la constante de temps; il dure donc près d'une demi-minute. Ce temps est réduit au quart, quand on place, comme dans le cas présent, un condensateur en cascade devant le câble. Il en résulte que la mesure est beaucoup moins troublée par les quelques pertes qui peuvent provenir, soit de l'imperfection de l'installation, soit de légers défauts d'isolement du câble lui-même.

Quant aux courants telluriques et aux charges résiduelles, ces divers phénomènes ont pour effet d'ajouter une charge positive ou négative à celle du câble. L'équation (A) doit donc être complétée par un terme ε qui s'introduit dans le deuxième membre. Le potentiel V de l'armature interne sera différent suivant qu'on emploiera le pôle positif ou le pôle négatif de la pile, et l'on aura les deux relations

$$C(E-U_p)=XU_p+\varepsilon,$$
$$C(E-U_n)=XU_n-\varepsilon,$$

qui, ajoutées, conduiront aux mêmes calculs que la relation (A).

Il suffira, en somme, de prendre pour Q, la moyenne des nombres obtenus en positif et en négatif.

On pourra aussi opérer d'une façon un peu différente et plus commode pour estimer l'importance du terme ε et suivre sa variation. Il suffira de faire une mesure de Q, d'abord sans la pile, puis avec la pile et d'ajouter algébriquement les deux résultats, le premier étant dû aux phénomènes parasites seuls, le second étant la somme de ces phénomènes et de la charge régulière par la pile.

Tout ceci suppose, il est vrai, la constance de la valeur ε pendant les quelques secondes que durent les mesures; mais cette hypothèse a été reconnue généralement exacte, si l'on prend soin d'opérer les différentes charges pendant des temps égaux.

La méthode est encore bonne dans des cas où celles qui sont actuellement connues seraient inapplicables. Ainsi, il a été possible de mesurer très exactement la capacité d'un câble reliant la France à l'Amérique du Nord malgré la présence d'un grave défaut d'isolement. En effet, l'application préalable d'une forte pile positive avait développé, comme il arrive toujours en pareille circonstance, une polarisation assez forte au point défectueux; cette polarisation joue un rôle analogue à celui d'une charge résiduelle, et l'on retombe dans le cas général. Ce fait est d'une grande importance. Il permet de déterminer le point de rupture d'un câble, dans le cas où le conducteur est en mauvaise communication électrique avec l'eau de la mer, circonstance dans laquelle les méthodes fondées sur la mesure de la résistance du cuivre ne donnent que des résultats incertains.

La précision des résultats obtenus a permis de reconnaître que la capacité des câbles posés est supérieure de 3 à 4 pour 100 à celle qui a été mesurée en usine. Ce phénomène, qui avait déjà été pressenti, paraît nettement établi, et semble dû à une diminution d'épaisseur du diélectrique causée par les énormes pressions auxquelles il est soumis au fond des mers.

La méthode se prête commodément à une vérification de la théorie mathématique, car elle permet de mesurer à différentes époques le potentiel à l'origine du câble et de le comparer avec le nombre donné par le calcul. J'ai pu ainsi constater que la valeur calculée est un peu plus grande. Il est probable que la résistance intérieure de la pile et la pénétration de la charge dans le diélectrique, dont on ne tient pas compte, sont la cause de cette divergence.

Enfin j'ai remarqué que l'influence des courants telluriques est généralement négligeable, alors même que l'observation directe montre qu'ils sont importants et rapidement variables. Ceci semble prouver que les variations du potentiel sont lentes et peu considérables sur la plus grande partie du câble qui se trouve immergé dans les grandes profondeurs et que, par conséquent, ces variations sont surtout locales et superficielles.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 7 juin 1905.

La séance est ouverte à 8h 40m sous la présidence de M. Bouty, président.



Après l'expédition des affaires courantes, demandes d'admission et ouvrages présentés, le président donne lecture d'une notice nécrologique sur M. A. Potier; la Société s'associe à son président pour exprimer à la famille de M. Potier ses sentiments de condoléance pour celui qui fut son ancien président.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Devaux-Charbonnel sur la **Capacité des grands câbles sous-marins.**

Les câbles sous-marins, dit M. Devaux-Charbonnel, sont des conducteurs électriques placés dans des conditions particulières, ils sont en général très bien isolés et éloignés de tout autre conducteur électrique, on n'a donc à se préoccuper dans leur établissement que de la capacité et de la résistance. La résistance se mesure aisément au pont sans difficulté, mais il n'en est pas de même de la capacité. En effet, cette dernière grandeur atteint souvent une valeur élevée, elle est de près de 1500 microfarads pour les câbles allant en Amérique et ce qu'il y a de plus gênant, c'est qu'elle est répartie tout le long d'un conducteur présentant de la résistance, il en résulte que le calcul du courant de charge devient très difficile.

La mesure expérimentale de la capacité ne l'est pas moins, car bien que la charge soit assez rapide, elle exige un certain temps pour son établissement et on conçoit qu'il ne soit, dès lors, pas possible de la mesurer avec un galvanomètre balistique dont l'emploi repose sur une durée négligeable du passage de la décharge à côté de la période d'oscillation de l'équipage du galvanomètre. On a dû recourir de bonne heure à d'autres méthodes et en particulier à celle de Lord Kelvin qui a été combinée dans ce but. Dans l'application, cette dernière méthode est délicate et incertaine, aussi M. Devaux-Charbonnel a eu l'idée d'employer une méthode balistique spéciale beaucoup plus rapide.

On place en cascade avec le câble un condensateur et on charge l'ensemble au moyen d'une pile, puis on met le conducteur du câble à la terre, le condensateur se charge seul et sa charge s'accroit (voy. p. 285). Si on détermine par une méthode balistique la charge qu'il avait lorsqu'il était en série avec la capacité du câble, puis celle qu'il a prise lorsqu'il était seul, on obtient des équations qui permettent de déterminer la capacité cherchée du câble.

Sur le câble récemment posé entre Brest et Dakar, M. Devaux-Charbonnel a obtenu 1087 et 1085 microfarads à plusieurs jours d'intervalle, ce qui montre combien est précise sa méthode. Cette mesure est très exacte à condition de prendre certaines précautions qu'il indique, et sa précision est largement suffisante pour les besoins de la pratique.

La capacité des câbles posés est trouvée toujours supérieure à celle mesurée en usine, mais ce fait s'explique très bien si l'on songe aux pressions énormes auxquelles le câble est soumis dans le fond des mers, pressions qui peuvent atteindre plusieurs centaines de kilogrammes par centimètre carré, le diélectrique se trouve fortement comprimé et la capacité augmente.

M. Devaux-Charbonnel a pu aussi mesurer la capacité d'un câble présentant un défaut d'isolement assez sérieux, cette particularité peut se rencontrer assez souvent et elle rendait la méthode de lord Kelvin presque inapplicable, étant donné l'importance du courant de fuite qu'elle introduisait.

M. le Président remercie M. Devaux-Charbonnel de sa très intéressante communication et de l'exposé extrêmement clair qu'il en a fait, il donne la parole à M. Swyngedauw sur l'**Extension à des courants alternatifs quelconques de certaines constructions géométriques des courants sinusoïdaux.**

M. Swyngedauw rappelle tout d'abord les définitions principales et montre par des calculs, dans lesquels nous ne le suivrons pas, que les constructions géométriques sont pratiquement exactes dans un grand nombre de cas.

L'ordre du jour appelle ensuite la communication de M. Johann sur les **Résultats d'expériences sur l'établissement du régime dans les transformateurs.**

M. Johann à la suite des essais remarquables faits à Nice par M. David a eu l'idée de chercher à éclaircir les phénomènes de surintensité que ce dernier avait constatés.

M. Johann a étudié un transformateur ordinaire et les perturbations occasionnées par la présence du fer au milieu des bobines. Le fer a d'abord été pris à l'état neutre, c'est-à-dire ne possédant aucun magnétisme rémanent; on a relevé alors à l'oscillographe les courbes d'établissement d'un courant continu fourni par une batterie d'accumulateurs, ces courbes sont bien connues. Puis il a opéré en donnant au fer un magnétisme rémanent, il a obtenu d'autres courbes. En étudiant ensuite l'établissement du courant alternatif, on obtient, et c'est là le point le plus intéressant, des résultats différents suivant que le fer est à l'état neutre au début ou non.

Il montre que lorsque le fer n'est pas à l'état neutre on voit dès le début le courant se maintenir *au-dessus du zéro* si le circuit a été fermé au moment d'un passage à zéro, de plus si on a soin de déterminer dans le fer du transformateur un magnétisme rémanent donnant un flux de sens inverse à celui que tend à produire le courant, on a au moment de la fermeture des surintensités très fortes.

En résumé le courant prendra sa valeur de régime seulement lorsqu'il produira un flux égal à celui du magnétisme rémanent.

Après une question de M. Janet sur les dispositifs employés par M. Johann dans ses expériences, la séance est levée à $10^h 30^m$.

A. S.



SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Rapport présenté par M. ACH. LIVACHE, au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur le **Mastic au zinc pour joints de vapeur** de MM. BONNEVILLE et Cie.

Les joints de vapeur exigent l'emploi d'un mastic, dit mastic au minium, constitué par un mélange de composés plombiques et d'huile. La consommation de ce mastic est très importante, car si la dépense pour chaque joint est relativement faible, elle se répète à tout instant dans l'entretien des diverses parties des chaudières et de la tuyauterie. C'est ainsi qu'en France, la marine nationale consomme de 80 à 100 000 kg de mastic au minium par an; les grandes compagnies de navigation de la marine marchande au moins autant; de même pour les compagnies de chemins de fer, à raison de 20 000 kg par compagnie et par an; les sucreries, qui, en France, sont au nombre de 400, de 200 à 400 kg; il faut enfin y ajouter encore toute l'industrie mécanique, les usines ayant des générateurs à vapeur, etc.

Le mastic dit au minium est composé d'un mélange de minium et de céruse, que l'on met en pâte avec de l'huile; on y ajoute généralement une certaine quantité de matière fibreuse : chanvre, amiante, etc.

Le principal inconvénient du mastic au minium, c'est de se durcir dans les récipients, cependant hermétiquement fermés, où on le conserve, et cela, dans un temps relativement court, deux mois et demi ou trois mois; après ce laps de temps, le mastic a besoin d'être retravaillé si l'on veut éviter sa mise hors d'emploi par un durcissement complet.

Un autre inconvénient est l'emploi de ce produit à base de minium et de céruse par des ouvriers mécaniciens qui, l'utilisant accidentellement par petites quantités, au fur et à mesure des besoins du travail, ne peuvent pas, par insouciance et surtout par manque de temps, prendre les soins nécessaires pour diminuer le danger du contact de ce composé plombique avec la peau.

Pour ces raisons, il était intéressant de trouver un mastic ne durcissant pas dans des limites de temps suffisamment étendues et ne présentant plus aucun danger pour la santé des ouvriers, grâce au remplacement du plomb par un corps inoffensif.

En vue d'éviter l'inconvénient du durcissement, on avait bien songé à proscrire toutes les huiles siccatives et à les remplacer par des huiles végétales non siccatives, celles d'olives, de colza, etc., ou par des huiles animales, celles de baleine, de cheval, etc., mais le durcissement se produisait toujours par suite, non de l'oxydation de l'huile, mais de la formation d'un savon dur par réaction de la matière grasse avec le composé plombique. En vain avait-on additionné la matière grasse d'huile minérale insaponifiable, le durcissement n'était que faiblement retardé.

MM. Bonneville et Cie, qui exploitent à Saint-Denis une importante fabrique de couleurs et de vernis, et qui, produisant de grandes quantités de mastic au minium, en connaissaient bien les défauts et les dangers, ont réussi à fabriquer un nouveau mastic au zinc qui répond aux desiderata de la pratique et de l'hygiène et qu'ils soumettent à l'examen de la Société d'Encouragement.

Ce mastic au zinc est formé d'un mélange de gris de zinc et d'huile de bois (*wood oil*).

Le gris de zinc est un produit métallique, en poudre, recueilli dans la fabrication du blanc de zinc et que l'on a déjà utilisé avec un certain succès pour remplacer la céruse dans la peinture à l'huile lorsqu'il s'agit de donner une première couche sur une surface métallique non revêtue préalablement de minium.

L'huile de bois ou huile chinoise est une huile très intéressante, employée, en particulier, en Angleterre, pour la fabrication du linoleum et qui jouit de la propriété de se transformer en un produit solide, sous l'action de la chaleur, par une simple polymérisation, sans avoir besoin d'emprunter de l'oxygène soit à l'air, soit à un corps oxydant. C'est ainsi que nous avons montré que cette huile, chauffée simplement pendant quelques heures, en tube scellé, à 150 degrés, se transforme en une baguette solide dans toute sa masse et parfaitement transparente. (*Congrès international de Chimie de Berlin* de 1903, t. II, p. 668.)

Vient-on à chauffer un mélange de gris de zinc et d'huile de bois, le mélange acquiert une dureté très grande, beaucoup plus rapidement que le mélange de minium et d'huile. Pour le vérifier, nous avons chauffé à l'étuve à 110 degrés, comparativement, du mastic au minium et du mastic au zinc : après trois heures, le premier commençait à prendre une certaine fermeté, lorsque le second était déjà presque complètement durci; après six heures, le premier conservait encore une certaine malléabilité, tandis que le second avait une dureté telle qu'il résistait au choc. Dans les deux cas, le durcissement s'était produit sans boursouflement et sans changement sensible de poids.

A quoi est dû ce durcissement du mastic au zinc, qui ne se produit plus au même degré si on remplace le gris de zinc par d'autres corps pulvérulents? Il est difficile de donner une explication, car la masse ne change pas d'aspect; mais ce qui est certain, c'est que le mastic au zinc donne, à l'emploi, des résultats plus rapides et plus complets que le mastic au minium. Quant à la question de prix, elle est en faveur du mastic au zinc; il se vend, en effet, le même prix que le mastic au minium, mais, sa densité étant moitié, il revient en somme à un prix moitié moins élevé. D'autre part, l'usage qu'en ont fait, depuis deux ans, plusieurs compagnies de chemins de fer, a montré qu'il se conservait suffisamment longtemps dans les récipients sans durcissement avant l'emploi.

Ce qui est également très intéressant à signaler, c'est que ce mastic, ne contenant aucun composé plombique, est complètement inoffensif pour les ouvriers qui l'emploient.

Enfin, il y a encore à indiquer l'intérêt de l'emploi de l'huile de bois qui est produite non seulement en Chine, mais aussi, en grande quantité, en Cochinchine par l'arbre à huile, l'*Elæcocca Vernica*.

En résumé, MM. Bonneville et Cie ont fabriqué un produit qui, depuis deux ans, a fait ses preuves, qui, en outre, évite aux ouvriers qui l'emploient le danger du maniement des composés plombiques et qui fournirait une nouvelle utilisation d'un de nos produits coloniaux.

Pour ces raisons, votre Comité des Arts chimiques a l'honneur de vous proposer de voter l'insertion du présent rapport dans le *Bulletin* de la Société, afin de signaler aux industriels l'intéressant produit soumis à votre examen par MM. Bonneville et Cie.

Signé : A. LIVACHE, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 12 mai 1905.

Pour éviter toute perte de temps, nous prions nos lecteurs de vouloir bien adresser toutes les communications concernant la Rédaction à M. É. HOSPITALIER, 87, boulevard Saint-Michel, et toutes celles relatives à l'Administration, 9, rue de Fleurus, Paris.



BIBLIOGRAPHIE

Repetitorien der Elektrotechnick : Gleichstromerzeuger und -Motoren. (Manuels d'électrotechnique : Générateurs et moteurs a courant continu), par Winkelmann, et **Elektrische Traktion** (traction électrique), par Sattler. — *Jänecke frères*, éditeurs, Hanovre, 1905. — Format : 21 × 15 cm ; 125 et 160 pages respectivement. Prix, cartonnés : 4,25 et 5,25 fr.

Monographies détachées d'une nouvelle collection à ajouter à celles que nous avons eu déjà l'occasion de signaler, ces deux séduisantes plaquettes font partie d'une série de douze analogues, publiées sous la direction scientifique de M. Königswerther et qui ont pour objet de servir de guides-répétiteurs pour la préparation des jeunes gens aux écoles techniques et spéciales allemandes.

Elles en constituent les fascicules III et XI et nous font regretter les dix autres qui ne nous sont pas parvenues. Dégagées de toute préoccupation d'imagerie, elles ne renferment que des schémas indispensables à leur intelligence, mais sont, en revanche, très utilement complétées par une précieuse bibliographie qui permet au lecteur de se reporter, au besoin, aux sources originales où il trouvera les détails complémentaires des connaissances qu'elles résument.

Éditées d'ailleurs avec la netteté et le soin typographique dont se parent aujourd'hui les publications scientifiques allemandes, elles ne peuvent que nous servir de modèles et nous faire envier leurs éléments de succès.

E. Boistel.

Die Ermittlung des richtigen elektrodynamischen Elementargesetzes auf Grund allgemein anerkannter Thatsachen und auf dem Wege einfacher Anschauung. (Exposition de la véritable loi élémentaire électrodynamique basée sur des faits généralement connus et sur une idée simple), par F. Kerntler. — *Librairie de la Société du Pester Lloyd*, éditeur, Budapest, 1905. — Format : 25 × 15 cm ; 29 pages.

Nous nous bornons à mentionner l'apparition de cette petite brochure de nature toute spéciale qui ne nous paraît pas appelée à révolutionner encore le monde et surtout l'industrie électrique. E. Boistel.

Die Dampfturbine als Schiffsmaschine. (La turbine a vapeur comme machine marine), par H. Wilda. — *Jänecke frères*, éditeurs, Hanovre, 1905. — Format : 27 × 19 cm ; 25 pages.

Simple extrait de l'un des ouvrages de l'auteur sur les machines marines dont il s'est fait une spécialité d'étude, ces quelques pages méritent attention en raison du renouveau dont jouissent actuellement les turbines et du rôle qu'elles paraissent appelées à jouer également dans les applications de l'énergie électrique à bord des navires où l'espace est encore plus compté en hauteur qu'en surface.

Nous le signalons à qui de droit, en même temps que les divers travaux plus importants sur la matière, mentionnés en couverture de ce fascicule et pour lesquels il paraît être une introduction ou une réclame de bon aloi.

E. Boistel.

Les méthodes et appareils de Mesure du temps, des distances, des vitesses et des accélérations, par J. G. Carlier. — *Ramlot frères et sœurs*, Bruxelles, et *Ch. Béranger*, Paris, éditeurs, 1905. — Format : 25 × 16 cm. — 2 volumes de 280 et 246 pages. Prix : 6 fr. l'un.

Deux volumes entiers sur les méthodes et appareils relatifs à la mesure de ces quatre grandeurs physiques seulement étonnent un peu, à première vue, et l'on se demande quel développement prendraient, sur cette base, tous nos ouvrages scientifiques. Cette première impression disparaît cependant promptement quand on réfléchit à l'importance du sujet traité, à ses applications dans toutes les branches de la science, au nombre des questions de tous ordres dans lesquelles interviennent ces quantités en quelque sorte fondamentales et à la multiplicité des problèmes dont la solution dépend de leur mesure.

Comme le dit en outre M. Léon Gerard, ancien président de la Société belge des électriciens où a été présenté ce travail et qui a voulu en écrire lui-même la préface, le souci de l'exactitude et de la précision des détails, aussi bien que d'une impartialité absolue, a en outre contribué à ce développement en apparence exagéré et le justifie pleinement.

La part faite à l'imagerie très soignée qui est un des ornements du livre et lui enlève de l'aridité en augmente d'ailleurs encore l'importance.

Mais le sujet en lui-même et, par suite, l'œuvre intéressent à la fois l'ingénieur de chemin de fer ou de tramway (traction et exploitation) soit à vapeur, soit à air comprimé, ou encore électrique, aussi bien que l'automobiliste, le navigateur et, d'une manière générale, le physicien, le physiologiste, l'artilleur, etc. Il n'est aucune des industries du transport, aucune des sciences d'observation, aucun progrès dans les modes nouveaux de locomotion ou dans la balistique qui ne soit tributaire de la mesure exacte du temps, des vitesses et des espaces parcourus, et de l'inscription graphique de ces éléments. Les récents travaux sur la traction électrique, la démonstration de la supériorité de celle-ci sur la traction à vapeur, la discussion des points faibles et des modes et conditions d'emploi de l'une et de l'autre relèvent de

l'exacte connaissance des diagrammes qui relient entre elles ces grandeurs et imposent l'étude approfondie de leur évaluation.

Nous ne pouvons que féliciter de son très intéressant et consciencieux travail le jeune ingénieur de l'État belge et lui souhaiter, avec son patron, M. L. Gerard, tout le succès qu'il mérite. E. BOISTEL.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. JOSSE, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

348 746. — **Edison.** — *Accumulateur* (10 décembre 1904).

348 749. — **Sipe.** — *Solénoïde* (10 décembre 1904).

348 526. — **Société industrielle des téléphones.** — *Appareil de protection pour circuits électriques* (15 décembre 1904).

348 791. — **Société Badische Anilin und Soda Fabrik.** — *Four électrique pour la réaction de corps gazeux* (12 décembre 1904).

348 974. — **Kitsee.** — *Télégraphie sous-marine* (3 décembre 1904).

348 945. — **Ateliers Thomson-Houston.** — *Dynamos et moteurs électriques* (26 août 1904).

348 969. — **Ateliers Thomson-Houston.** — *Dispositif de compoundage rationnel de dynamo à courant continu* (29 novembre 1904).

348 894. — **Société Siemens-Schuckert Werke Gesellschaft mit Beschränkter Haftung.** — *Circuit à vibration pour augmenter la portée des appareils de sûreté contre les excès de tension* (3 décembre 1904).

348 934. — **Burns.** — *Contrôleur de puissance maximum pour canalisations électriques* (14 décembre 1904).

348 944. — **Firme Wagner et Brand.** — *Dispositif interrupteur électromagnétique pour machines distributrices mécaniques, par exemple pour machines à composer et machines à distribuer en typographie* (15 juin 1904).

348 947. — **Laur.** — *Appareil pour varier le potentiel et renverser le courant* (3 septembre 1904).

348 981. — **Batault.** — *Perfectionnements aux lampes à arc à courant continu ou alternatif* (29 février 1904).

349 059. — **Bourdil.** — *Système de microphone* (7 mars 1904).

349 003. — **Michel.** — *Perfectionnements aux machines magnéto-électriques* (15 décembre 1904).

349 041. — **Freny.** — *Balai pour appareils électriques* (10 décembre 1904).

349 172. — **Siemens-Schuckert.** — *Procédé pour activer l'excitation de machines électriques* (25 novembre 1904).

349 192. — **Riasse.** — *Pile primaire pour force motrice et autres usages* (15 décembre 1904).

349 200. — **Société des compteurs électriques Rittener and C°.** — *Dispositif de compensation des frottements dans un ampère-heure-mètre* (17 décembre 1904).

349 203. — **David.** — *Électro-aimant régulateur* (17 décembre 1904).

349 267. — **Lindquist.** — *Électro-aimant pour courant alternatif* (20 décembre 1904).

349 268. — **Lindquist.** — *Électro-aimant pour courant alternatif* (20 décembre 1904).

349 270. — **A. et C. Borel.** — *Perfectionnement dans l'installation des câbles électriques souterrains* (15 mars 1904).

349 349. — **Stone.** — *Méthode perfectionnée pour augmenter la radiation effective des ondes électro-magnétiques* (26 octobre 1904).

349 283. — **Ateliers Thomson-Houston.** — *Système pour améliorer les conditions de marche des moteurs alternatifs* (29 novembre 1904).

349 285. — **Ateliers Thomson-Houston.** — *Système de traction par courant alternatif* (29 novembre 1904).

349 293. — **Arnold et La Cour.** — *Disposition pour commuter le courant d'armatures de machines électriques* (8 décembre 1904).

349 304. — **Keijzer.** — *Pile électrique* (20 décembre 1904).

349 361. — **Arnold et La Cour.** — *Moteur à courant alternatif simple compensé à collecteur* (8 décembre 1904).

349 368. — **Varret.** — *Machine magnéto-électrique* (22 décembre 1904).

349 277. — **Kingsland.** — *Commutateur électrique* (17 novembre 1904).

349 319. — **Usener.** — *Appareil électrique indicateur à distance pour transmetteurs d'ordres, boussoles et autres instruments* (21 décembre 1904).

349 496. — **Teillóux.** — *Procédé de transformation des courants vibrés* (23 décembre 1904).

349 523. — **Flynt et Maiden.** — *Enveloppe protectrice pour isolateurs de fils électriques* (24 décembre 1904).

349 506. — **Plagnart.** — *Générateur d'énergie électrique* (23 décembre 1904).

349 507. — **Leitner.** — *Mode de réglage perfectionné de dynamos à vitesse variable* (23 décembre 1904).

349 428. — **Michel.** — *Fabrication de pièces moulées en matière isolante* (22 décembre 1904).

349 468. — **Strong.** — *Perfectionnements apportés aux appareils rotatifs producteurs d'étincelles espacées pour leur emploi avec les courants de haute fréquence* (22 décembre 1904).

349 484. — **Eichhorn.** — *Dispositif de circuit servant à produire des oscillations électriques* (20 décembre 1904).

349 554. — **Gaiffe.** — *Système d'enveloppe isolante et protectrice de tubes producteurs de rayons X* (25 mars 1904).

349 513. — **Mure.** — *Lampe à arc* (24 décembre 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Énergie électrique du Littoral méditerranéen. — Les actionnaires de cette Compagnie se sont réunis le 30 mai dernier, sous la présidence de M. Féraud, président du Conseil d'administration.

Des comptes qui leur ont été soumis il ressort que les résultats de l'exercice 1904 se sont traduits par une recette de

967 707,84 fr et une dépense de 398 396,99 fr laissant un bénéfice d'exploitation de 569 310,85 fr.

Mais après divers prélèvements et principalement pour amortissements le produit net s'est soldé par 420 714,53 fr.

En y ajoutant le report de l'exercice 1903, le solde disponible s'est élevé à 578 936,96 fr.

Durant l'exercice 1904, la Compagnie a presque complètement terminé les installations du réseau des Alpes-Maritimes. Elle a notamment construit la ligne du Loup à Grasse et à Mougins. Elle a pu mettre son courant à la disposition de la Société des Grands Travaux concessionnaire de la distribution d'électricité dans la ville de Grasse et en même temps alimenter l'usine de Mougins, appartenant à la Société d'éclairage électrique de Cannes.

Une quatrième unité génératrice a été installée à l'usine du Loup et deux autres au Plan du Var, en vue de donner plus d'élasticité au service général.

L'aménagement des réseaux de distribution de Cabbé-Roquebrune et d'Antibes, commencé en 1903, n'a été complètement terminé qu'au commencement de 1905, et c'est ainsi que la Compagnie n'a pu mettre en service que vers la fin de 1904 les réseaux de Châteauneuf, Colomars et de Mandelieu dans les Alpes-Maritimes.

Le réseau du Var a été mis en service seulement vers la fin de 1904 et son fonctionnement régulier permet de bien augurer de l'avenir.

Sur l'ensemble des installations on enregistre d'ailleurs pour les quatre premiers mois de 1905 une assez sensible augmentation sur la période correspondante de 1904, comme l'indiquent les chiffres suivants :

Recettes 1905	486 823,83 fr.
— 1904	364 474,28
En plus pour 1905	122 349,55 fr.

Ces recettes sont fournies par les diverses industries que la Compagnie alimente, grâce à ses chutes d'eau :

Les Compagnies de tramways de Nice et du Littoral, de Cannes, de Toulon, le chemin de fer à crémaillère de la Turbie, la Société du Casino et des Bains de mer de Monaco;

Les Compagnies du gaz et d'électricité de Nice, d'Éclairage électrique de Cannes, d'Éclairage de Toulon, d'Éclairage de Beaulieu et Villefranche, d'Électricité du Sud-Est, la Société de distribution d'eau et d'électricité de Monte-Carlo supérieur, la Société des Grands Travaux, la Société lyonnaise d'applications électriques, la Société de la Nartuby;

Les concessionnaires de l'éclairage de diverses communes; les communes de Cabbé-Roquebrune et d'Antibes;

Les Compagnies de fabrication de chaux et de ciments de Contes-les-Pins et de Thorrand-Durandy, les Moulins de l'Ariane et des Alpes-Maritimes, les usines électro-chimiques de la Lonza, l'usine céramique de MM. Veran et Cie, la Brasserie Masséna, etc.;

Enfin divers villages et plusieurs clients particuliers situés sur le parcours des lignes que la Compagnie alimente tant pour l'éclairage que pour la force motrice et dont le nombre augmente au fur et à mesure que des branchements nouveaux permettent de satisfaire aux nouvelles demandes.

La puissance installée à ce jour dans les Alpes-Maritimes et dans le Var, sans compter les réserves de vapeur, s'élève à 9000 poncelets, et la Compagnie s'est assurée la disposition ou la propriété de plus de 22 000 poncelets, destinés à faire face aux nouvelles extensions. Le réseau comprend actuellement plus de 500 kilomètres de canalisation à haute, moyenne ou basse tension.

En dehors de l'extension du réseau des Alpes-Maritimes et de la création du réseau de Toulon, la Compagnie a commencé la construction d'une nouvelle usine génératrice sur la Liagne, ainsi que l'établissement des lignes qui doivent la relier, d'une part, à l'usine du Loup et, d'autre part, à l'usine d'Entraigues.

Sur la limite des Alpes-Maritimes et du Var, avec facilité d'emmagasiner de l'eau, l'usine de la Liagne servira de régulateur entre les réseaux des Bouches-du-Rhône et du Var et le réseau des Alpes-Maritimes et permettra de reporter sur l'un les disponibilités des deux autres.

La Compagnie a également commencé les travaux d'établissement de l'usine génératrice de la Durance et des lignes de transport qui doivent alimenter les Bouches-du-Rhône jusqu'à Marseille où la fourniture d'énergie électrique sera donnée à la Compagnie générale française de tramways.

La Compagnie achève en outre les études et met en train les travaux de la chute du Verdon.

L'examen de ce vaste programme ainsi que celui de la situation financière a donné satisfaction aux actionnaires qui donnèrent en fin de séance leur approbation aux propositions du Conseil et votèrent les résolutions suivantes :

Première résolution. — L'Assemblée générale approuve, dans toutes leurs parties, le rapport du Conseil d'administration et celui des commissaires, ainsi que les comptes de l'exercice clos le 31 décembre 1904, tels qu'ils viennent d'être présentés et détaillés et notamment l'application faite aux travaux encore improductifs des intérêts afférents aux sommes qui leur sont consacrées. Elle arrête, en conséquence, à la somme de 578 936,96 fr le solde créditeur du compte « Profits et Pertes » pour l'exercice 1904.

Deuxième résolution. — L'Assemblée générale décide d'employer le solde du compte de Profits et Pertes de 578 936,96 fr de la façon suivante :

Réserve légale 5 pour 100	21 035,73 fr.
Fonds d'amortissement du capital	21 500,00
Dividende de 4 pour 100, soit 20 fr par action sur 16000 actions anciennes entièrement libérées	320 000,00
Et 3,33 fr par action sur 16000 actions nouvelles, libérées du premier quart	53 333,35
	415 869,08 fr.

Elle décide de reporter à nouveau le solde de 163 067,88 fr.

Le dividende de 20 fr par action ancienne entièrement libérée et 3,33 fr par action nouvelle libérée de 125 fr, sera mis en paiement à partir du 15 juillet prochain, sous déduction des impôts établis par la loi de finances.

Troisième résolution. — L'Assemblée générale ratifie la nomination faite par le Conseil d'administration, en vertu de l'article 18 des statuts, de MM. A. de Fischer, G. de la Fontaine, A. Ruiz et Devise en qualité d'administrateurs.

Les pouvoirs de MM. de Fischer, de la Fontaine, Ruiz et Devise expireront en même temps que ceux des administrateurs actuellement en fonctions.

Quatrième résolution. — L'Assemblée générale donne à la succession de M. A. Chabrières quitus de sa gestion d'administrateur.

Cinquième résolution. — L'Assemblée générale décide qu'il y aura deux Commissaires, pouvant agir ensemble ou séparément, pour le rapport à faire à l'Assemblée générale sur les comptes de l'exercice 1905.

Elle nomme pour remplir ces fonctions, MM. Eugène-Hilaire Tourier et Louis Guéroult.

Elle fixe à 500 fr la rémunération de chacun d'eux.

Sixième résolution. — L'Assemblée générale relève, en tant que de besoin, les membres du Conseil d'administration de l'interdiction de prendre intérêt dans une entreprise ou un marché fait avec la Société ou pour son compte.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

55 464. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 325. **10 Juillet 1905.**

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Locomotive à courant alternatif simple Westinghouse-Baldwin. — La locomotive à courant alternatif simple construite par la *Westinghouse-Baldwin*, et mise en service depuis le 16 mai dans ses usines d'East Pittsburg, détient le record de la puissance. C'est la locomotive la plus puissante qui ait jamais fonctionné par trolley, c'est aussi la première dans laquelle les moteurs sont à ventilation forcée. Elle présente du reste d'autres caractères ingénieux que nous allons résumer brièvement.

Elle remorque des trains de 50 wagons, du poids minimum de 1200 tonnes.

Cette locomotive détient aussi le record de la puissance comme tracteur à courant alternatif. Elle comporte 6 moteurs à courant alternatif simple, et son poids est de 35 tonnes.

Elle se compose de deux moitiés, chacune comportant des trucks à 3 essieux rigides couplés et pouvant constituer chacun une unité simple.

La longueur de la locomotive est d'environ 13,5 m et sa largeur de 3 m environ. La hauteur totale d'encombrement trolley compris, est de plus de 5 m. Les roues ont un diamètre de 1,5 m et sont montées sur des essieux de 22 cm, dont les centres sont distants de 1,80 m. Les longerons du truck sont en acier coulé et supportés par ressorts et balanciers, à la manière ordinaire.

Le châssis de la locomotive est en tôle d'acier et en cornières, et constitue un tout démontable ou pouvant se séparer sans démontage du truck qui le supporte. Chaque essieu porte des moteurs de 170 kilowatts à simple réduction. L'un des côtés du moteur repose directement sur l'essieu et l'autre sur des ressorts fixés au châssis. La Compagnie Westinghouse a conservé dans ces moteurs les principes de construction de son matériel à courant alternatif simple de traction, mais elle y a ajouté la ventilation facultative pour augmenter la puissance éventuelle de l'ensemble.

Le courant employé est à la fréquence de 25 périodes par seconde et à la tension de 6000 volts, et le fil de trolley, qui fournit toute l'énergie nécessaire à l'accélération d'un train de 1200 tonnes, est un fil ordinaire (10,4 mm de diamètre). Chaque demi-locomotive comporte un trolley commandé par l'air comprimé et le courant traverse un interrupteur à eau et un disjoncteur pour arriver dans chaque cabine. Il y a en outre un transformateur qui réduit la tension à 325 volts pour les moteurs.

Ceux-ci sont montés tous trois en parallèle pour chaque demi-locomotive et ils sont commandés par un régulateur d'induction qui fait varier la tension de 140 à 325 volts. Ces régulateurs d'induction sont commandés par de petits moteurs série du même type que les moteurs principaux, et le principe de commande par unités multiples est appliqué aux régulateurs, à l'aide d'un contrôleur principal placé à chaque bout.

La ventilation forcée n'est pas appliquée seulement aux moteurs, mais encore aux transformateurs et régulateurs d'induction. L'air est fourni par des ventilateurs commandés électriquement.

Le service de la locomotive est un service de trains lourds et à faible vitesse. L'effort de traction dépasse 22 500 kg pour une vitesse d'environ 16 km:h. Mais les essais ont permis d'obtenir jusqu'à 30 000 et même 40 000 kg.

La vitesse la plus élevée qu'on ait réalisée aux essais est de 30 km:h.

Mise en parallèle d'alternateurs alimentés par une excitatrice commune. — Le directeur de l'usine de Saint-Gabriel, à Québec, indique dans un journal américain, le *Western Electrician* du 17 juin 1905, les inconvénients qu'il a éprouvés dans la mise en parallèle d'alternateurs excités au moyen d'une même excitatrice ou de mêmes barres omnibus d'excitation. Ce mode d'excitation est le plus employé dans les usines américaines, où a été, par contre, très rarement adopté le mode continental, qui affecte à l'excitation de chaque alternateur une excitatrice spéciale calée sur son arbre. Mais, de même que cette dernière solution présente des inconvénients au point de vue de la stabilité du réglage de la tension, de même le mode d'excitation en commun présente des inconvénients, quand, par exemple, on ajoute un alternateur au réseau, l'addition de ses inducteurs sur le circuit d'excitation provoque une chute de tension de ce dernier, qui se répercute sur la tension des alternateurs groupés en parallèle, et avec lesquels on doit synchroniser l'alternateur nouveau.

Pour éviter cet inconvénient, on fait communiquer le circuit d'excitation avec un interrupteur qui peut, soit le fermer directement sur lui-même, soit le fermer sur le rhéostat liquide. On a soin de n'ajouter le circuit d'excitation d'un nouvel alternateur au précédent qu'en maintenant ce rhéostat inséré, et, après en avoir réduit la résistance graduellement jusqu'à 0, on met en court-circuit le rhéostat, qui peut dès lors servir à une autre machine.

Une turbo-dynamo de 7500 poncelets. — Ce groupe, destiné à l'usine électrique rhénane et westphalienne, est installé à Essen. La turbine Brown Boveri Parsons, de 7500 poncelets, ayant une vitesse angulaire de 1000 t:m actionne directement un alternateur triphasé de 5000 kw (avec $\cos \varphi = 0{,}8$), dont la tension est de 5000 v et la fréquence 50, ainsi qu'une génératrice à courant continu de 1500 kw à 600 v. L'excitatrice de l'alternateur, d'une puissance de 62 kw, est montée en bout d'arbre. La turbine est alimentée par de la vapeur à la pression de 10,5 kg:cm² surchauffée à 250°C, le vide est de 85 pour 100. Plus tard on emploiera de la vapeur à 300°C. Le régulateur maintient la vitesse constante à 5 pour 100 près entre la charge nulle et la pleine charge. La longueur de l'ensemble est de 19,6 m, dont 9,4 m pour la turbine; la plus grande largeur est de 3,2 m et la plus grande hauteur de 4 m. Le diamètre de la roue à aubes est de 1,8 m. L'ensemble pèse 190 tonnes, dont 107 pour la turbine. La Société l'*Hibernia* doit faire installer une turbine de 340 poncelets, qui sera alimentée par la vapeur d'échappement d'une machine à piston d'après le système Rateau.

L'Exposition universelle de Portland (Oregon). — Il serait intéressant de pénétrer la psychologie des promoteurs d'expositions et d'en étudier ce qu'on pourrait vulgairement appeler les « dessous ». Peut-être plus d'un lecteur a-t-il déjà pénétré le mystère pour le cas particulier du Français, dont l'état d'âme en mal d'exposition est à peine un mystère. Qu'en adviendra-t-il si les Chambres suppriment le plus puissant ferment d'émulation dans cette voie, le « ferment décoratif »?

L'Américain est plus pratique, et il faut croire que les Expositions satisfont aussi ce sens pratique, puisque la « World's Fair » de Portland succède presque immédiatement à celle de Saint-Louis.

On dit qu'elle représente une dépense de plus de 25 millions de fr, et que les objets exposés représentent une valeur cinq fois plus élevée. Quatorze États de l'Union y prennent une part officielle. Les hommes d'affaires du Far-West y voient une chance de mise en œuvre rapide des abondantes richesses du pays.

Il est difficile de se faire une opinion bien nette de ce que sera cette Exposition, d'après les dithyrambes des journaux des États-Unis, mais c'est avec plaisir que nous constatons que nos confrères américains ont cessé de faire de l'étendue le critérium du mérite, et qu'ils attribuent surtout celui de la nouvelle Exposition à des qualités plus goûtées des Français, le pittoresque du décor et l'élégante ordonnance de l'ensemble et des détails.

Progrès de la consommation du caoutchouc aux États-Unis. — L'industrie a peine à suffire aux besoins croissants du caoutchouc; le fait est démontré pour les États-Unis, qui sont les plus grands consommateurs de caoutchouc, par les données statistiques suivantes que nous empruntons à la *Dun's International Review*.

L'importation du caoutchouc aux États-Unis l'année dernière a presque atteint 25 millions de kg, représentant une valeur de 30 millions de dollars.

L'apparition du caoutchouc sur les statistiques d'importation date de 1862, et les rapports de douane en évaluent l'importation à cette époque à 1 million de kg environ.

L'insuffisance du caoutchouc est si sensible qu'on a essayé toutes sortes de succédanés, et l'Inde notamment fournit chaque année plusieurs millions de kg de gutta joolatong, qui figure maintenant pour une valeur assez grande dans les récentes statistiques.

Le caoutchouc usagé entre aussi pour une certaine valeur dans le chiffre des importations : on estime de 5 à 10 millions de kg le poids des objets usagés en caoutchouc retournés aux usines pour être traités à nouveau et mélangés au caoutchouc du Brésil, de Bornéo ou de l'Inde. La plus grande partie du caoutchouc vient du Brésil. Plus de la moitié du caoutchouc importé est reçue directement et le reste vient surtout du Royaume-Uni, étant apparemment le produit de ses colonies. La Belgique exporte aussi beaucoup de caoutchouc qui lui vient de l'État du Congo.

Les progrès de la consommation américaine sont mis suffisamment en relief par les chiffres du tableau suivant, qui donne les poids et valeurs importés pour les exercices annuels 1892-93 et 1902-03.

	1892-1893		1902-1903	
	Kg.	Fr.	Kg.	Fr.
Importation de :				
Caoutchouc brut. .	18 885 310	89 046 200	25 004 805	152 183 575
Vieux caoutchouc destiné à la refabrication.	413 430	138 180	11 208 818	7 581 000
Gutta joolatong. . .	»	»	6 356 735	1 727 165
Gutta percha. . . .	204 717	777 200	145 768	1 112 030

L'importation de gutta joolatong ne fut classée séparément qu'à partir de 1899, année dans laquelle les États-Unis en reçurent 2 942 682 kg, estimés à 855 000 fr. A. Z.



CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Bagnères-de-Luchon. — *Transmission d'énergie.* — Nous apprenons qu'un très important transport d'énergie est en voie de réalisation entre Bagnères-de-Luchon, Toulouse et Montech, dans le Tarn-et-Garonne.

Il s'agirait d'utiliser le lac d'Oo où l'on disposerait d'une chute permettant d'obtenir plus de 4000 kilowatts.

Le transport de l'énergie qui est actuellement à l'étude se ferait au moyen du système série par courant continu à intensité constante et dont la tension pourra atteindre 40 000 volts à la pleine charge.

On se propose également d'essayer sur cette ligne le retour du courant par le sol. Comme on le voit, ces futures installations nous réservent d'intéressantes surprises.

Chaumont. — *Éclairage électrique.* — La question de l'éclairage électrique de cette ville a fait l'objet de discussions devant le Conseil municipal qui finalement a décidé ce qui suit.

La ville de Chaumont, qui avait le droit d'exiger dans certaines conditions une distribution d'énergie électrique à partir de 1893, n'ayant pas rempli ces conditions, il est entendu que la durée de concession pour l'électricité accordée par le traité de 1893, ne commencera à courir que du jour où la Municipalité notifiera à la Société concessionnaire que le chiffre des abonnements est atteint et qu'elle mettra la dite Société en demeure d'avoir à établir son usine d'électricité.

La concession ne dépassera pas la durée du traité qui lie la ville pour la concession du gaz, soit 27 ans encore (1er octobre 1932).

La ville de Chaumont concédera gratuitement, dans le centre de la ville, pour l'établissement de l'usine électrique, un terrain suffisant dont la Société concessionnaire conservera la jouissance pendant la concession et au delà s'il y a lieu, dans le cas où elle continuerait son exploitation dans les conditions prévues par l'article 12 du traité de 1893. Il nous paraîtrait cependant plus avantageux pour la Compagnie d'avoir en une seule usine tous les services d'éclairage par le gaz et l'électricité, de façon à diminuer les frais généraux.

Marseille. — *Régime futur de l'électricité.* — Parmi les questions qui ont été soumises à l'étude du Conseil municipal de Marseille, au cours de ces dernières années, les deux plus importantes étaient celle de l'éclairage et celle du régime futur de l'électricité dans cette ville. La première a été réglée par le récent traité intervenu avec la Compagnie du Gaz, mais la question de l'électricité, qui réclame une solution générale, rapide et définitive, n'a pas encore été abordée d'une manière complète.

Aussi M. l'adjoint Oliver, délégué aux travaux, a-t-il étudié, dans un rapport d'un travail considérable et minutieux, les projets soumis à l'examen de l'assemblée municipale.

Ces projets sont nombreux et avant d'en entreprendre l'étude particulière, M. Oliver fait un rapide historique de la question. Après avoir indiqué, à titre de renseignement, quels furent les essais d'éclairage et de distribution électrique depuis 1882, M. l'adjoint rappelle que depuis 1904 (et même 1894) des accords sont intervenus avec la Compagnie du Gaz pour l'éclairage électrique des voies publiques. Les premières demandes d'autorisation furent adressées en 1892 et la question fut tranchée en juillet 1903 au profit de la Compagnie du Gaz, par un contrat qui n'est pas encore approuvé par l'autorité supérieure, mais qui comporte toutes réserves relatives à une concurrence éventuelle.

Cette clause justifie pleinement les demandes qui ont été adressées à la Ville dans ces derniers temps.

Tous les projets, tant ceux qui remontent à 1892 que ceux qui datent seulement de quelques mois, peuvent se grouper en quatre catégories distinctes.

Première catégorie. — La première demande, qui est celle de la Société l'Énergie électrique du littoral méditerranéen, a été adressée le 7 novembre 1904 à M. le Préfet. La Société sollicite une autorisation de voirie pour transporter à Marseille, par des conducteurs placés sur les routes, l'énergie électrique, en vue de remplacer la station centrale à vapeur du service des tramways. M. le Préfet, en transmettant la demande à M. le Maire, réclamait une réponse rapide. Si cette réponse n'a pas encore été donnée, c'est que l'étude de ce projet est plus compliquée qu'on ne le croit. Il est présenté avec un double caractère qui le relie par un point aux affaires de tramways, et par d'autres à la question du régime futur de l'électricité à Marseille. La Société, en effet, n'a en vue momentanément que l'exploitation des tramways, mais il est raisonnable de se demander si cette adduction partielle d'énergie électrique ne pourrait pas être considérée comme le premier jalon d'une adduction générale d'énergie dans la ville de Marseille. C'est en se plaçant à ce double point de vue que M. Oliver examine le projet de la Société de l'Énergie électrique. Cette Société amènera à un poste central établi à Castellane, l'énergie qu'elle puise aux usines hydraulico-électriques d'Entraigues-sur-l'Argens, de Saint-Cézaire-sur-la-Siague et aux usines établies sur la Durance et le Verdon. La distribution générale se fera sur les lignes aériennes par courants alternatifs triphasés à 30 000 volts et par des câbles souterrains, qui seront placés à des distances de 9 à 15 km de Marseille, sur lesquels la tension sera de 12 000 volts.

Sur tout le parcours, les lignes aériennes passeront en dehors des lieux habités et toutes les précautions ont été prises pour l'isolement des fils et pour parer à tous les dangers que peut présenter la haute tension. Cette tension sera abaissée de 12 000 à 5000 volts en arrivant à Castellane, pour alimenter les sous-stations des tramways. Enfin, pour éviter toute interruption dans la distribution de l'électricité, un service de secours serait assuré par l'usine actuelle à vapeur de Saint-Giniez.

Le projet étant accompagné d'une étude de MM. les ingénieurs des ponts et chaussées, M. Oliver l'examine et critique certaines parties, entre autres celle où, s'appuyant sur l'article 93 de la loi de 1884, MM. les ingénieurs affirment que M. le Préfet ou M. le Ministre pourraient passer outre en cas de refus du maire non justifié par l'intérêt général. Mais l'intérêt de la Compagnie des Tramways ou de la Société l'Énergie ne se confond pas avec l'intérêt général et pour le cas particulier dont il s'agit, on ne peut opposer cet article de la loi de 1884 pour se passer de traiter avec la Ville.

Enfin, après un examen minutieux, M. Oliver conclut à l'acceptation de l'offre de la Société l'Énergie électrique. Il demande d'autoriser M. le Maire à signer avec cette Société, la Compagnie des Tramways et celle des grands Travaux, des accords en vertu desquels : 1° la Ville délivrerait à l'Énergie électrique les autorisations de voirie qu'elle sollicite ;

2° L'Énergie électrique s'engagerait à assurer le fonctionnement des usines élévatoires pour le chiffre forfaitaire de 85 000 fr.

Dans une prochaine chronique, nous examinerons les autres projets qui ont été présentés.

Nice. — *Traction électrique.* — Dans sa dernière réunion, le Conseil général des Alpes-Maritimes a été informé par M. Maure, député, que l'assemblée départementale des Basses-Alpes avait nommé une commission chargée d'étudier une

ligne de tramways électriques de Saint-André-des-Alpes à Grasse par Castellane et le Logis-du-Pin.

Le Conseil général des Alpes-Maritimes a immédiatement confié à une Commission prise dans son sein et composée de MM. Lairolle, Chiris et Ossola, le soin d'étudier cette question de concert avec la Commission du Conseil général des Basses-Alpes. On espère qu'une prompte solution interviendra.

Saint-Laurent-de-Cerdans (Pyrénées-Orientales). — *Station centrale.* — Au cours d'une de ses dernières séances, le Conseil a voté un emprunt de 14 000 fr pour l'amélioration de l'éclairage électrique.

Par suite du grand nombre de lampes particulières prises par la population de cette localité, le Conseil municipal s'est trouvé dans l'obligation de faire cet emprunt pour : 1° améliorer la canalisation; 2° remplacer la dynamo; 3° placer une vanne près de l'usine; 4° un grillage qui empêchera les feuilles de s'agglomérer dans le canal, ce qui empêchait le fonctionnement régulier du service électrique; 5° changer les isolateurs du premier réseau et les parafoudres des transformateurs.

Un ingénieur électricien s'est rendu avec M. Auguste Sans, président de la Commission de l'éclairage électrique, à l'usine, pour étudier le plans et les devis, afin que ces travaux soient exécutés le plus promptement possible.

ÉTRANGER

Belfast (Irlande). — *Transmission d'énergie.* — Il existe à Belfast des chantiers maritimes très importants dans lesquels viennent d'être faites de nombreuses et intéressantes applications des moteurs électriques et de la transmission de l'énergie; nous en résumerons les points principaux d'après *The Electrician* qui lui consacre une note détaillée.

La transmission de l'énergie électrique aux moteurs est faite à la fois au moyen de courant continu et de courants triphasés. Chaque machine-outil est commandée individuellement par un moteur particulier. Les différents ateliers contiennent des moteurs triphasés alimentés sous 450 v dont la puissance totale représente 900 kw, et des moteurs à courant continu alimentés par un réseau à trois conducteurs sous deux fois 225 v dont la puissance totale représente 600 kw. Ces moteurs sont particulièrement affectés à la commande des appareils de levage. Pour la commande des machines-outils, on emploie des moteurs triphasés dont les frais d'entretien et de réparations sont de 25 à 30 pour 100 inférieurs à ceux des moteurs à courant continu.

L'éclairage est assuré par des lampes à arc de 20 A et de 10 A montées par 8 en tension sur le réseau à 450 v. Un réseau à 110 v a été installé pour l'alimentation des moteurs entraînant des outils portatifs : ce réseau est muni d'un grand nombre de prises de courant.

La surface couverte par les ateliers s'élève à 600 m².

L'énergie électrique est produite par une station génératrice contenant cinq chaudières marines qui produisent, sous une pression de 15 kg : cm², la vapeur nécessaire pour l'alimentation de trois machines à vapeur horizontales à triple expansion de 750 poncelets. Ces moteurs à vapeur Sulzer ont quatre cylindres montés deux par deux en tandem, d'un côté du volant sont les cylindres à basse et moyenne pression, et de l'autre côté, les cylindres à basse et haute pression. Les machines à vapeur sont munies de condenseurs à surface. L'une d'elles entraîne un alternateur triphasé, chacune des deux autres entraîne un alternateur triphasé et une dynamo à courant continu.

Les alternateurs à courants triphasés sont du type à inducteur volant; cet inducteur porte 64 pôles et a un diamètre de 5,2 m; la vitesse angulaire est de 107 t : m. La carcasse de l'induit a un diamètre de 5,5 m et une largeur de 20 cm. Les enroulements induits sont montés en étoile. L'alternateur a une puissance de 650 à 750 kw sous 440-460 v à la fréquence de 57 périodes par seconde.

Les génératrices à courant continu ont un induit de 2,6 m de diamètre.

L'excitation de toutes les machines, y compris les dynamos à courant continu, est fournie sous 220 à 230 v par deux dynamos de 60 kw entraînées par des machines à vapeur à grande vitesse. Ces machines fonctionnent en parallèle avec une batterie d'accumulateurs de 112 éléments présentant une capacité de 1530 A-h pour une décharge en 9 heures.

Les mêmes machines alimentent les moteurs auxiliaires de la station génératrice et son éclairage : ces moteurs peuvent d'ailleurs être branchés, au moyen de commutateurs, sur le réseau à trois fils.

L'équilibrage des ponts de ce réseau est assuré par deux égalisatrices Le réseau à 110 v est alimenté par une dynamo à courant continu entraînée par un moteur synchrone triphasé de 120 kw sous 450 v.

Des essais ont montré que la consommation de vapeur à la station génératrice, pour une charge de 270 kw sur courant continu et de 366 kw sur courants triphasés avec un facteur de puissance égal à 0,78, s'élève à 8,3 kg : kw-h, non compris les machines auxiliaires, et à 8,7 kg : kw-h, tout compris.

Pour déterminer la puissance des moteurs électriques commandant les différentes machines, on a fait au préalable des expériences détaillées sur la consommation d'énergie de ces machines dans différentes conditions de service. Pour cela on a intercalé, sur le circuit des moteurs, des ampèremètres enregistreurs et l'on a déduit, des indications de ces instruments, les intensités moyennes et maxima absorbées aux différents régimes. On peut ainsi facilement déterminer la puissance moyenne qu'exigent ces machines.

Les moteurs triphasés sont à induit bobiné : chacun d'eux est supporté par un fort ressort destiné à amortir les chocs des machines et entraîne celles-ci par l'intermédiaire d'engrenages composés d'un pignon en bronze phosphoreux et d'une roue dentée en acier coulé. La vitesse angulaire des moteurs est comprise entre 300 et 900 t : m, celle des machines lentes, entre 33 et 217 t : m et celle des machines rapides entre 143 et 402 t : m. Pour la commande des premières, il y a le plus souvent une double réduction d'engrenages.

La plupart des moteurs appartiennent à l'une des quatre séries suivantes : 5, 7,5, 10 et 15 chevaux. Quelques moteurs sont à faible vitesse angulaire, mais ils ont un mauvais rendement, voisin de 85 pour 100 pour un moteur de 15 chevaux.

Un certain nombre de moteurs sont à vitesse variable et peuvent être alimentés sous une tension de 220 ou de 440 v par le jeu d'un simple commutateur.

Il est intéressant de voir comme on a bien su tirer parti des avantages des différents systèmes de distribution, aussi l'exemple de Belfast est-il à citer.

Ostende. — *Station centrale.* — La maison de banque Empain a acquis il y a peu de temps, à proximité des ateliers des wagons-lits, deux hectares et demi de terrain.

Elle fera édifier une usine électrique à vapeur qui fournira l'énergie nécessaire pour les nouvelles installations maritimes ainsi que pour le tramways électrique Ostende-Blankenberghe.

Turin — *Chemin de fer électrique.* — Nous apprenons qu'un ingénieur italien vient de rédiger un rapport concernant la construction d'un chemin de fer électrique entre Caluzo, San Giusto, San Giorgo, Rivarolo, Favria, Rivara, Barbania, Rocca, Cario, Nole, où elle se joindrait à la ligne de Turin-Ciré-Lanzo, qui devrait être transformée en vue d'employer la traction électrique.



SUR LA VARIATION

DE

L'HYSTÉRÉSIS DES SUBSTANCES MAGNÉTIQUES

PLACÉES DANS DES CHAMPS TOURNANTS

SOUS L'ACTION DE COURANTS CONTINUS, INTERROMPUS, ALTERNATIFS ET D'ONDES HERTZIENNES

Par une première note présentée à la *Reale Accademia dei Lincei* (¹), et par une Communication à l'*Associazione elettrotecnica Italiana*, j'ai exposé les résultats de quelques recherches expérimentales sur la variation de l'hystérésis magnétique d'un disque ou cylindre de substance magnétique plongé dans un champ Ferraris lorsque le disque ou le cylindre est soumis à l'action d'ondes hertziennes.

Par deux récentes Communications au *Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere* (²) j'ai ensuite rapporté les résultats d'une série d'autres recherches exécutées pour étudier la façon dont se comportent les corps magnétiques dans un champ Ferraris sous l'induction de courants continus, alternatifs de fréquence ordinaire, et de courants interrompus.

Ensuite, en quelques autres notes présentées à la *Reale Accademia dei Lincei* (³), j'ai rapporté les résultats de nouvelles recherches ayant pour but d'étudier le phénomène de la variation d'hystérésis dans un cylindre d'acier sous l'action d'un courant continu, interrompu ou alternatif, ou d'un système d'ondes hertziennes :

a. En variant, entre les limites les plus étendues possible, l'intensité du champ Ferraris où le cylindre est plongé;

b. En variant, entre des limites étendues, l'intensité du champ magnétique secondaire engendré par le courant continu interrompu ou alternatif à l'action duquel le cylindre de substance magnétique, plongé dans le champ magnétique rotatif, est soumis;

c. En variant la fréquence du courant alternatif ou le nombre d'interruptions par seconde du courant interrompu sur lequel on fait l'expérience.

En résumé, les résultats les plus remarquables des recherches faites pour étudier le phénomène de la variation de l'hystérésis dans un cylindre en acier, plongé dans un champ Ferraris, et soumis à l'action de courants continus, interrompus et alternatifs, et des ondes hertziennes, sont les suivants :

1. Lorsqu'on emploie des champs Ferraris suffisamment intenses, on constate toujours une diminution du retard d'aimantation dans le cylindre de substance magnétique : cette diminution de l'hystérésis est d'autant plus grande, que l'intensité du champ Ferraris où est plongé le cylindre sur lequel on fait l'essai, est plus grande; et qu'est plus grande l'intensité du champ magnétique secondaire produit par le courant avec lequel on a à faire et à l'action duquel le cylindre est soumis.

2. Lorsqu'on emploie des champs Ferraris de faible intensité, on peut avoir augmentation de l'hystérésis, ou une diminution du retard avec lequel l'aimantation du cylindre d'acier suit la rotation du champ où il est plongé, et précisément on a augmentation d'hystérésis, jusqu'à ce que l'intensité du champ secondaire ne dépasse pas une certaine valeur déterminée, à partir de laquelle, et pour toutes les valeurs supérieures, on constate, au contraire, une diminution de l'hystérésis.

3. Il existe toujours — les autres conditions de l'expérience restant les mêmes — une valeur de l'intensité du champ Ferraris, où est placé le cylindre soumis à l'action du courant continu, interrompu ou alternatif, ou du système d'ondes hertziennes, pour laquelle on a le maximum d'augmentation de l'hystérésis, et une valeur de l'intensité du champ Ferraris pour laquelle on n'a ni augmentation ni diminution de l'hystérésis dans la substance magnétique expérimentée.

4. Lorsqu'on a à faire avec des champs Ferraris de faible intensité, il existe toujours — pour une intensité donnée du champ magnétique tournant, et toutes les autres conditions de l'expérience restant les mêmes, — une valeur de l'intensité du champ magnétique secondaire, pour laquelle on a le maximum d'augmentation de l'hystérésis; et une valeur de l'intensité du champ magnétique secondaire pour laquelle on n'obtient plus ni augmentation ni diminution d'hystérésis dans la substance magnétique essayée.

5. Toutes les autres conditions de l'expérience restant les mêmes, si l'on a augmentation de l'hystérésis, elle est sensiblement plus petite dans le cas où l'on emploie les courants continus, que dans le cas où le corps magnétique est soumis à l'action des courants interrompus et alternatifs; et d'autre côté, si l'on a diminution d'hystérésis, celle-ci est bien plus grande lorsqu'on emploie des courants continus, que lorsqu'on emploie des courants interrompus ou bien alternatifs.

6. Si, lorsqu'on soumet le cylindre magnétique à l'action d'un courant continu, on n'a — dans certaines conditions — ni augmentation ni diminution d'hystérésis, on peut obtenir, dans les mêmes conditions, une augmentation de l'hystérésis, en employant des courants interrompus ou alternatifs.

Au contraire, lorsque, exposant le cylindre magnétique à l'action d'un courant interrompu ou alternatif, on n'obtient dans certaines conditions déterminées de l'expé-

(¹) *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, 1ᵉʳ semestre 1904, p. 272; *Atti dell' Associazione elettrotecnica Italiana* (Communication faite à la Section de Milan pendant la séance du 25 mai 1905).

(²) *Rendiconti del R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere*, 1905, serie 2, vol. XXXVIII, p. 142 et 438.

(³) *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, 1ᵉʳ semestre 1905, p. 278, 368.

rience ni augmentation ni diminution de l'hystérésis, on obtient une diminution d'hystérésis, dès que, dans les mêmes conditions, on emploie le courant continu.

7. Il arrive encore, qu'en faisant l'expérience avec le courant continu, et obtenant diminution d'hystérésis, on peut obtenir au contraire — les conditions de l'expérience restant les mêmes — en employant des courants interrompus ou alternatifs, augmentation du retard d'aimantation dans le cylindre de substance magnétique.

8. L'augmentation du retard d'aimantation est — les autres conditions étant égales — d'autant plus grande, que la fréquence du courant alternatif est plus grande, ou qu'est plus grande la fréquence des interruptions du courant interrompu avec lequel on fait l'essai.

9. La diminution du retard d'aimantation est — les autres conditions étant les mêmes — d'autant plus grande, que plus petite est la fréquence du courant alternatif, ou que plus petite est la fréquence des interruptions du courant interrompu avec lequel on fait l'expérience.

10. Lorsque en soumettant le cylindre de substance magnétique à l'action d'un courant alternatif d'une fréquence donnée, ou d'un courant interrompu d'une fréquence donnée, on n'a, dans certaines conditions, ni augmentation ni diminution d'hystérésis, on obtient, en faisant l'essai dans les mêmes conditions avec des courants alternatifs d'une fréquence plus grande, ou interrompus à plus grande fréquence, augmentation de l'hystérésis.

Au contraire, lorsque, en soumettant le cylindre de substance magnétique à l'action d'un courant alternatif ou interrompu d'une fréquence donnée, on n'a, dans certaines conditions, ni augmentation ni diminution d'hystérésis, on obtient, en faisant l'expérience dans les mêmes conditions, avec courants alternatifs ou interrompus d'une fréquence plus petite, une diminution d'hystérésis.

11. Finalement, il peut encore arriver que, en faisant l'essai avec un courant alternatif ou interrompu d'une fréquence donnée et ayant constaté la diminution de l'hystérésis, on obtienne au contraire, en employant des courants alternatifs ou interrompus de plus grande fréquence, — les autres conditions de l'expérience étant les mêmes, — augmentation du retard d'aimantation dans le cylindre de substance magnétique.

Et de la même manière il peut encore arriver, qu'en essayant avec un courant alternatif ou interrompu d'une fréquence donnée, et ayant obtenu augmentation d'hystérésis, on obtienne au contraire, en faisant l'essai avec des courants alternatifs ou interrompus d'une fréquence plus petite, — les autres conditions de l'essai étant les mêmes — diminution du retard d'aimantation dans le cylindre de substance magnétique. RICCARDO ARNÒ.

STATION CENTRALE DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE A 35 000 VOLTS DU BOURNILLON (ISÈRE)

La station hydraulico-électrique du Bournillon a été créée en vue d'un transport d'énergie à longue distance, 90 km environ, destiné à la fourniture de la force motrice à Vienne. Ce transport d'énergie dessert également les localités qui se trouvent à proximité de la ligne principale, telles que Romans et Beaurepaire, par exemple.

La station génératrice, alimentée par la rivière la Bourne, comporte actuellement 3 groupes électrogènes de 950 poncelets chacun; chaque groupe est composé d'un alternateur triphasé de 1000 kilovolts-ampères, sous 3800 volts, accouplé directement à une turbine Bouvier, de Grenoble, tournant à la vitesse de 375 tours par minute.

Le courant produit aux alternateurs sous 3800 volts composés, est ensuite élevé à 35 000 volts, par transformateurs-élévateurs, pour être distribué sous cette tension par la ligne de transport d'énergie aux sous-stations de distribution desservant les centres de consommation.

Tout le matériel électrique de cette installation a été exécuté et installé par MM. Schneider et Cie.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE. — 1° *Alternateurs.* — Les alternateurs du type Schneider, au nombre de trois installés actuellement, sont de 1000 kilovolts-ampères, chacun avec un cos $\varphi = 0{,}8$ sous 3800 volts composés. Leur vitesse est de 375 tours par minute et la fréquence qu'ils donnent est de 50 périodes par seconde.

Chaque alternateur est à induit fixe et inducteur mobile; il ne comporte pas de bâti commun pour ces deux parties; le réglage de la couronne d'induit est indépendant de celui des paliers supportant l'inducteur et l'arbre de l'alternateur.

La couronne d'induit est formée de deux parties assemblées en fonte, portant le circuit magnétique en tôles qui est fortement serré sur la couronne par des disques rapportés. Des intervalles destinés à la ventilation des tôles sont ménagés dans la masse de ces dernières qui, en outre, portent à leur périphérie intérieure des alvéoles destinées à recevoir les bobines induites.

La couronne d'induit est fixée à deux pattes reposant sur deux caissons formant fondations et portant des vis de réglage et de rappel qui assurent le centrage de l'induit, en hauteur et latéralement par rapport à l'inducteur.

La partie inférieure de la couronne d'induit repose sur deux galets montés sur vérins. Ces galets et les deux pattes d'attache de la couronne sur les caissons de fon-

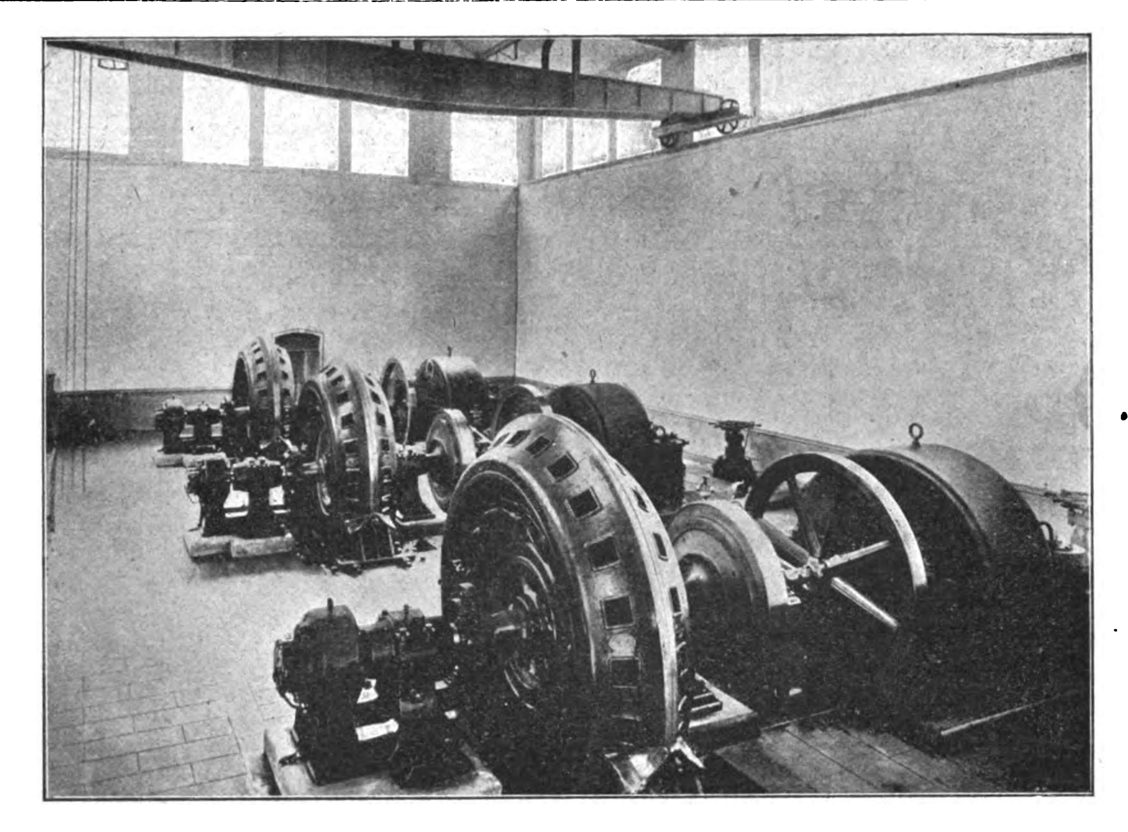


Fig. 1. — Vue d'ensemble de la salle des machines de l'usine de Bournillon.

dations, forment trois points d'appui sur lesquels l'induit peut tourner sur lui-même autour de l'arbre de l'alternateur comme axe. Cette rotation permet, en cas de réparation sur place du bobinage induit de l'alternateur, d'en

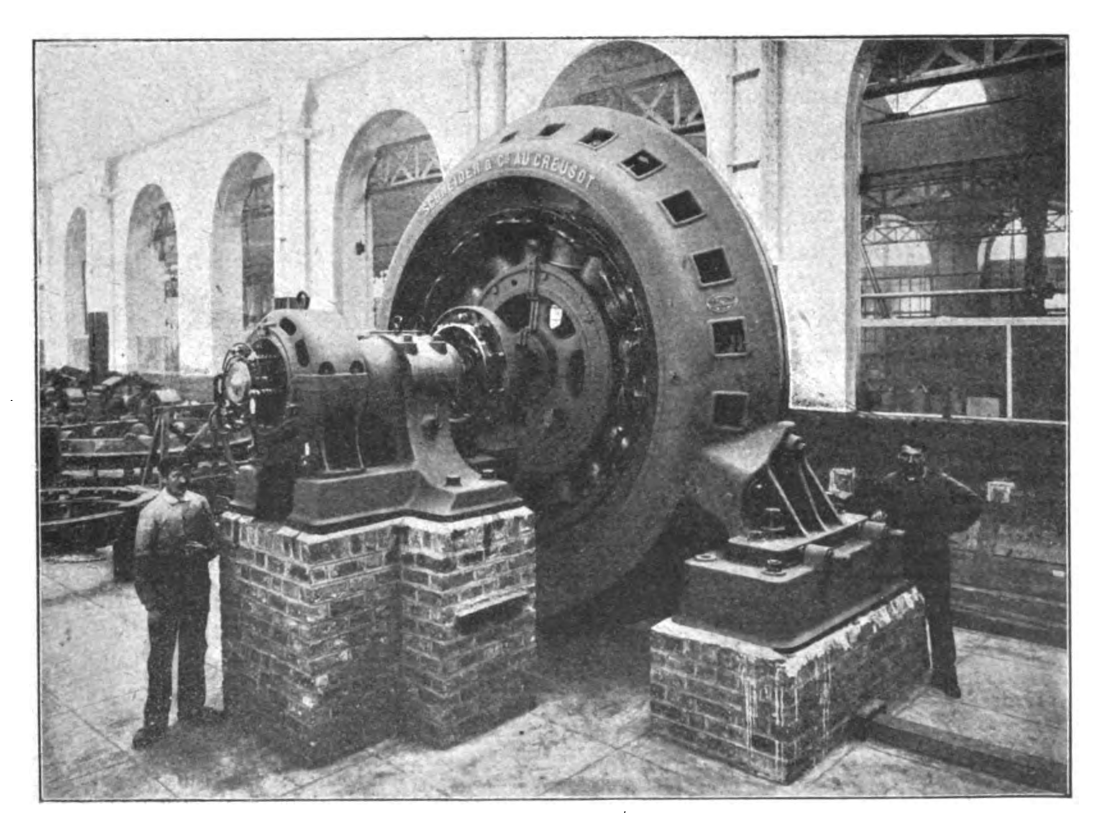


Fig. 2. — Vue d'ensemble d'un alternateur monté pour les essais.

rendre toutes les parties facilement abordables, soit la partie inférieure qui est en fosse, soit la partie supérieure.

Les bobines induites sont en cuivre de haute conductibilité; la forme des encoches du circuit magnétique qui les porte est telle que la courbe de force électromotrice de l'alternateur est sensiblement une sinusoïde. Ces bobines induites traversent le noyau de tôles dans des tubes en micanite qui assurent toute sécurité pour leur isolement à la terre; la partie extérieure de chaque bobine est à une distance suffisante des bobines voisines et de la masse, pour rendre impossible tout court-circuit entre elles et la masse.

Les trois circuits de l'induit sont reliés en étoile et leurs extrémités aboutissent à trois bornes montées sur isolateurs en porcelaine fixées à la partie inférieure de la couronne d'induit et inaccessibles au personnel chargé de la surveillance.

L'inducteur est constitué par une couronne en acier moulé portant, venus de fonte, les pôles au nombre de 16; cette couronne est serrée et maintenue par deux joues en fonte formant volants clavetés sur l'arbre de l'alternateur.

L'enroulement inducteur est formé d'un ruban de cuivre rouge enroulé sur champ; l'isolement entre spires n'est obtenu que par une feuille de papier, étant donnée la faible tension d'excitation.

Les bobines ainsi constituées sont fortement serrées sur l'inducteur par les épanouissements polaires rapportés et fixés aux pôles par deux fortes vis maintenues par des prisonniers.

Les extrémités de l'enroulement inducteur aboutissent à deux bagues en bronze calées sur l'arbre de l'alternateur, et recevant le courant d'excitation par des frotteurs en charbon.

L'arbre de l'alternateur repose sur deux paliers à graissage automatique à bagues; il porte en bout l'induit de l'excitatrice dont l'inducteur est porté par deux pattes venues de fonte avec le palier correspondant; l'autre extrémité de l'arbre porte le plateau d'accouplement avec la turbine.

CONSTANTES DES ALTERNATEURS

Diamètre d'alésage, en mètres	2,2
Nombre de pôles	16
Vitesse angulaire, en tours par minute	375
Tension composée, en volts	3800
Puissance pour cos $\varphi = 0,8$, en kilovolts-ampères	1000
Fréquence, en périodes par seconde	50
Rendement en pleine charge, en pour 100, excitation comprise pour cos $\varphi = 1$	92
Variation maxima de tension, en pour 100, entre la marche à pleine charge cos $\varphi = 1$ et la marche à vide, la vitesse restant constante	3,95

EXCITATRICE

Tension, en volts	70
Intensité maxima, en ampères	300
Vitesse angulaire, en tours par minute	375
Diamètre du noyau induit, en mm	470
Entrefer moyen, en mm	5

Ces alternateurs ont été soumis à une tension alternative de 8000 volts entre les enroulements induits et la masse pendant 10 minutes; ils ont subi à plusieurs reprises une vitesse d'emballement de 600 tours par minute environ.

Transformateurs-élévateurs de tension. — Le courant produit aux alternateurs sous 3800 volts est élevé à 35 000 volts, à l'aide de transformateurs-élévateurs, pour être distribué en ligne à cette tension.

La station électrique de Bournillon comporte actuellement 6 transformateurs à courant alternatif simple de 580 kilovolts-ampères chacun, formant deux batteries triphasées de 3 transformateurs simples chacune, groupés en triangle au primaire et au secondaire.

Ils sont installés sous la salle des tableaux de distribution (fig. 4), en contrebas du dallage de l'usine. Deux dégagements pourvus de rails de roulement aboutissent dans cette salle; recouverts d'un plancher en temps normal ils permettent d'amener les transformateurs à l'aplomb du pont roulant de la station pour le transbordement dans leur salle. Les transformateurs sont ensuite

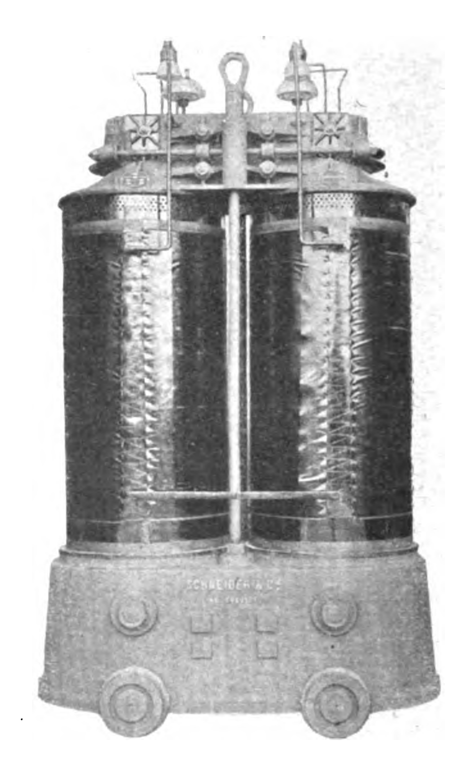


Fig. 3. — Vue d'un transformateur élevant la tension de 3800 volts à 35 000 volts.

amenés à la place qu'ils doivent occuper; à cet effet, le caisson inférieur de chaque transformateur est monté sur 4 galets qui roulent sur les rails de la salle.

Chaque transformateur à courant alternatif simple du type « Schneider » est d'une puissance de 580 kilovolts-ampères à la tension de 35 000 volts. Une seule prise de courant est ménagée à l'enroulement primaire à 3800 volts, tandis que le secondaire porte 3 sorties donnant respectivement 35 000 volts, 32 500 volts et 30 000 volts. Cette dernière tension devant être utilisée au début de l'exploi-

tation et les deux autres, au fur et à mesure de l'accroissement de la puissance transportée, pour compenser et atténuer les pertes en ligne.

Le circuit magnétique de ces transformateurs est constitué par des tôles empilées formant deux colonnes verticales autour desquelles sont les enroulements et réunies par deux culasses horizontales; les colonnes sont du type à gradins, des intervalles sont ménagés dans les paquets de tôles pour la ventilation. La culasse inférieure portant les colonnes est maintenue dans un caisson en fonte en deux parties, qui forme également chambre à air pour la ventilation et porte les galets de roulement; la culasse supérieure mobile est serrée entre deux étriers en fonte qui la maintiennent fortement pressée sur les colonnes par deux boulons les reliant au caisson inférieur, les écrous de serrage forment également anneaux de levage pour l'appareil.

Les enroulements primaires et secondaires sont concentriques; le primaire moyenne tension est à l'extérieur, le secondaire haute tension étant à l'intérieur, pour réduire autant que possible les risques d'accidents en circulant autour de ces appareils.

L'enroulement secondaire est composé d'une série de bobines exécutées sur mandrin, en cuivre rouge guipé, de haute conductibilité; chaque bobine est soigneusement enrobée par de la micanite et de la tresse à très fort isolement; les bobines sont superposées et séparées des colonnes du circuit magnétique par des tubes isolants; d'autres tubes isolants les séparent également de l'enroulement primaire constitué par un ruban de cuivre rouge enroulé de champ sur mandrin; l'isolement entre spires est obtenu par un tressage en ruban. Le circuit primaire est également entouré d'une chemise isolante empêchant tout contact accidentel extérieur et ménageant, comme les tubes isolants placés entre les enroulements et les noyaux de tôles, des cheminées d'air facilitant le refroidissement de toutes les parties actives du transformateur par la ventilation.

Les sorties des enroulements primaires et secondaires, fortement isolées, aboutissent à des bornes montées sur porcelaines et placées à la partie supérieure du transformateur (fig. 3).

CONSTANTES DES TRANSFORMATEURS DE 580 KILOVOLTS-AMPÈRES

	Primaire.	Secondaire.		
Tension, en volts	3 800	35 000	32 500	30 000
Intensité, en ampères	132		16,6	
Coefficients de transformation.	1	9,2	8,56	7,9

Fréquence, en périodes par seconde	50
Rendement en charge, en centièmes, cos $\varphi = 1$, ventilation comprise.	98
Chute de tension, en centièmes, cos $\varphi = 1$	1 environ.

Les transformateurs installés à l'usine hydro-électrique du Bournillon, ont été soumis pendant 10 minutes chacun, à une tension alternative de 50 000 volts entre l'enroulement secondaire et la masse, et entre les enroulements primaire et secondaire; une tension alternative d'environ 8000 volts a été appliquée pendant le même temps entre l'enroulement primaire et la masse.

Ces appareils sont à refroidissement artificiel par ventilation; à cet effet, un ventilateur type Mortier, de 4,5 kw, est installé pour chacun des deux groupes de 3 transformateurs, chaque ventilateur est actionné directement à la vitesse angulaire de 1440 tours par minute environ, par un moteur triphasé de puissance correspondante, avec induit en court-circuit.

Les groupes de ventilation sont installés dans la salle des tableaux au-dessus des transformateurs, de manière que leur surveillance soit facile et sans danger, et qu'aucun appareil accessoire ne se trouve dans la salle des transformateurs; une gaine en tôle par ventilateur conduit l'air refoulé à un caniveau passant sous les transformateurs; des orifices de section déterminée débouchent de ce caniveau dans les caissons des culasses inférieures des transformateurs.

Les deux moteurs de ventilateurs sont alimentés sous la tension composée de 220 volts, par un transformateur triphasé, branché sur le circuit 3800 volts des alternateurs.

Tableaux de distribution. — Les tableaux de distribution desservant le matériel de la station décrit précédemment, sont installés dans un avant-corps du bâtiment de l'usine placé dans l'axe transversal de cette dernière, qu'ils laissent complètement dégagée, la passerelle de service des tableaux dépasse seule la paroi correspondante du bâtiment et, par sa situation surélevée, permet de dominer toute la salle. Ces tableaux sont installés au-dessus de la salle des transformateurs, et leur niveau est à 3 m au-dessus du dallage de la station.

Sur la passerelle de service est installée une charpente métallique portant les panneaux en marbre blanc sur lesquels sont fixés les appareils de mesure et de réglage nécessaires au bon fonctionnement de l'installation. Ces panneaux, au nombre de huit, forment deux groupes superposés de quatre panneaux chacun destinés aux trois alternateurs, aux appareils généraux et aux transformateurs-élévateurs.

Chaque alternateur est desservi par deux panneaux superposés portant les appareils indiqués sur le plan ci-joint; en arrière du panneau de marbre supérieur, porté par la charpente, se trouve l'interrupteur à 3800 volts de l'alternateur; le levier de commande de cet appareil se trouve en avant du tableau.

Les deux panneaux non utilisés par les alternateurs portent en avant les appareils généraux de contrôle de départ de ligne, ampèremètre et voltmètre, deux interrupteurs tripolaires commandant chacun un des moteurs de ventilateurs des transformateurs (fig. 4). En arrière de ces panneaux sont installés les deux interrupteurs commandant les primaires de chacun des groupes triphasés de transformateurs-élévateurs et un interrupteur à 3800 volts placé sur le primaire d'un transformateur triphasé de 50 kilowatts, alimentant le moteur synchrone

du régulateur des turbines; les manettes de commande de ces interrupteurs sont à l'avant du tableau.

Le tableau est encadré par une boiserie en moulures, un plancher isolant se trouve placé à l'avant.

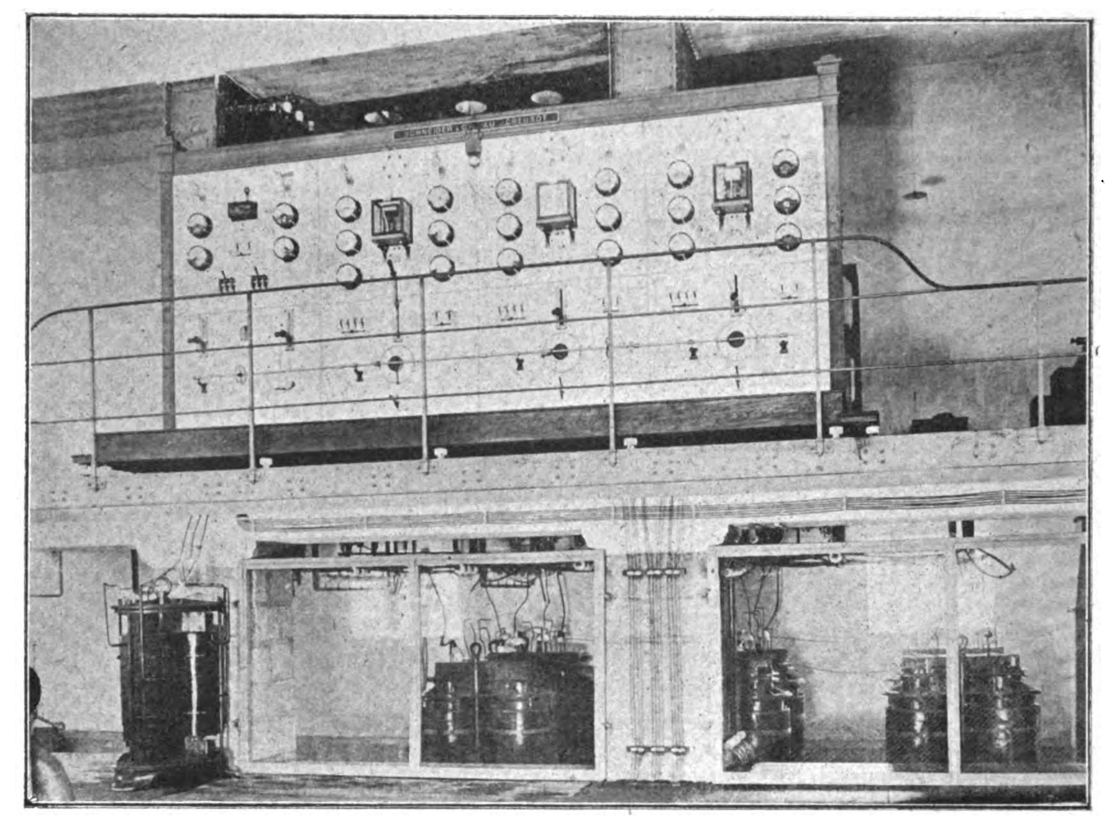


Fig. 4. — Vue d'ensemble du tableau de distribution et des transformateurs.

En arrière de ce tableau à basse tension et séparé par un couloir de 2 m environ, se trouve une double char-

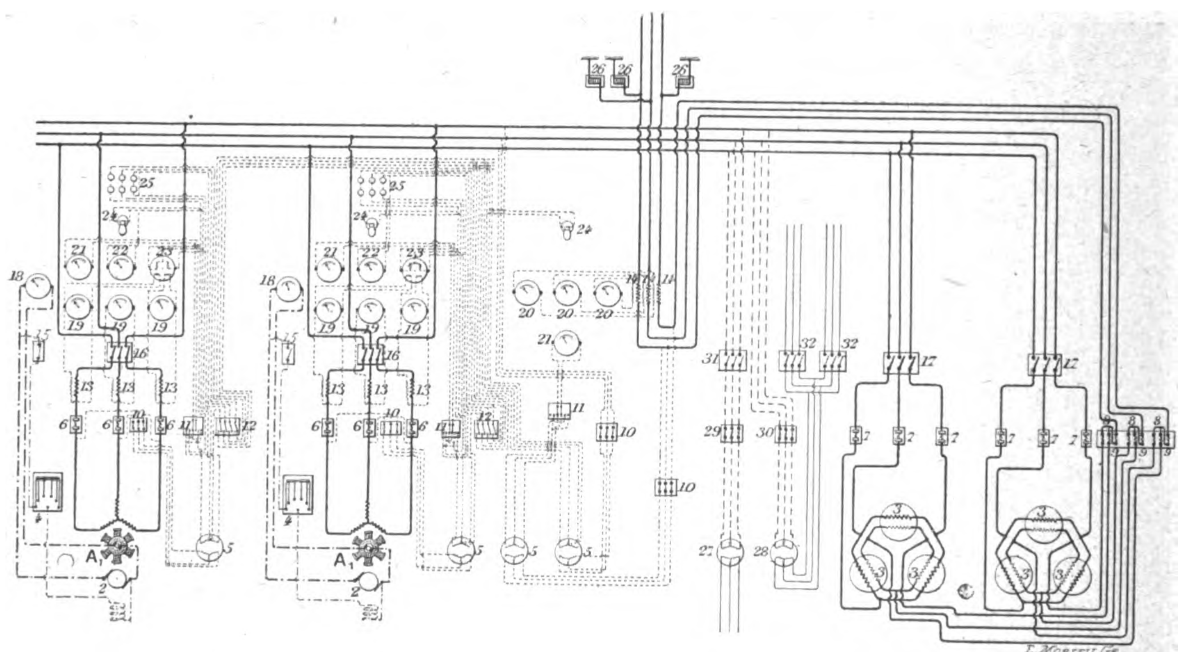
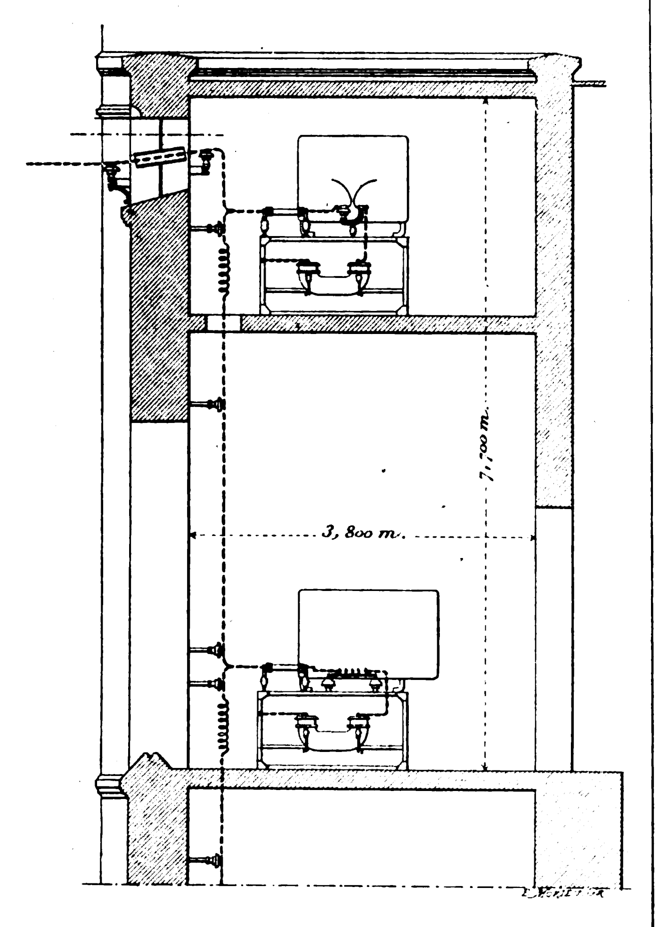


Fig. 5. — Schéma du tableau de distribution.

A_1, alternateurs triphasés.— 2, dynamos excitatrices. — 3, transformateurs élévateurs. — 5, 27 et 28, transformateurs réducteurs. — 6, 7, 8, 9, 10, 29 et 30, coupe-circuits. — 11, interrupteurs bipolaires à trois directions pour voltmètres. — 12, interrupteurs pour indicateurs de phase. — 13, 14, transformateurs pour ampèremètres. — 16, 17, 31 et 32, interrupteurs tripolaires. — 18, 19, 20, ampèremètres. — 21, voltmètres. — 22, voltmètres indicateurs de phase. — 23, wattmètres. — 24, lampes de phase. — 26, parafoudres à champignons. — 15, interrupteur d'excitation.



pente métallique portant les coupe-circuits fusibles des alternateurs et transformateurs à 3800 et 35 000 volts; cette charpente porte également les transformateurs d'intensité et de tension des appareils du tableau. Les coupe-circuits fusibles à 3800 et 35 000 volts sont installés dans



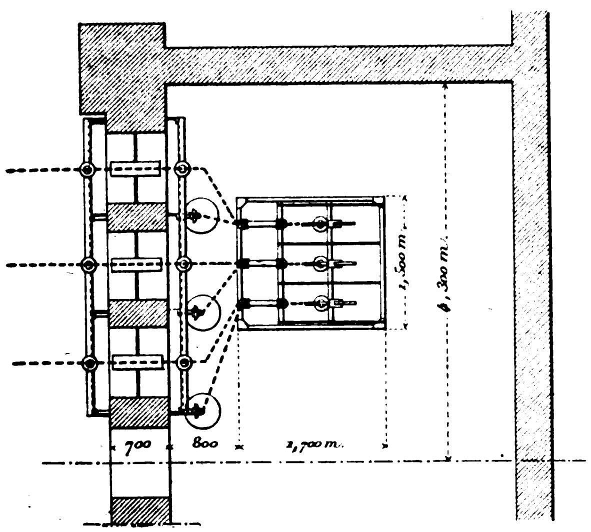


Fig. 6. — Schéma du montage des parafoudres.

des niches en marbre cloisonnées de manière à éviter tout court-circuit en cas de fusion simultanée de deux ou plusieurs fusibles. Des planchers isolants sont installés entre les tableaux et devant les fusibles pour leur manipulation.

Les interrupteurs et coupe-circuits fusibles installés ont été essayés sous leur charge normale comme coupure et fusion, à diverses reprises.

Parafoudres. — L'installation est complétée par deux jeux de parafoudres installés chacun dans une salle indépendante au-dessus des tableaux; le premier jeu, installé dans la première salle, forme limiteur de tension, il est du type à champignons et comporte un châssis métallique en cornières portant les trois parafoudres avec, en dessous, les résistances liquides dans des tubes en grès en forme d'U. Sur le même plan que les parafoudres et en avant entre la ligne et ces derniers sont installés trois coupe-circuits fusibles dont l'écartement est prévu pour 35 000 volts, destinés à protéger l'installation en cas d'avaries aux parafoudres.

Le second jeu de parafoudres est installé dans la salle d'arrivée des fils de ligne; il est identique au précédent, sauf que les appareils sont du type à cornes et servent surtout pour arrêter les fortes décharges.

Canalisations. — Toutes les canalisations de l'installation sont en câbles d'isolement approprié à la tension à laquelle ils sont destinés, montés sur porcelaine, ce qui donne encore une plus grande sécurité.

1° *Canalisations à 3800 volts.* — Les câbles à 3800 v, reliant les bornes des alternateurs aux tableaux, sont installés contre la paroi d'un caniveau souterrain de 2,5 m de hauteur sur 1,6 m de largeur permettant ainsi par ces dimensions, d'y circuler sans danger. Les circuits principaux d'excitation des alternateurs ne viennent pas au tableau, une notable économie a été réalisée de ce fait sur les canalisations; les bornes de l'excitatrice sont reliées directement aux bagues de prise de courant de l'alternateur; dans ce circuit est intercalé le shunt de l'ampèremètre d'excitation et seuls les deux fils souples du shunt vont au tableau. Le réglage de la tension de l'alternateur se fait par variation de l'excitation de l'excitatrice.

Les canalisations des alternateurs arrivent du caniveau au tableau des fusibles en traversant deux parquets dans des tubes en verre très épais. Des fusibles aux interrupteurs et de ces derniers aux barres omnibus, les canalisations sont aériennes, montées sur porcelaines portées par des ferrures reliant les charpentes des tableaux entre elles.

Les interrupteurs des primaires des deux groupes transformateurs triphasés de 1500 kilovolts-ampères, sont reliés aux fusibles correspondants par des canalisations également aériennes. De ces fusibles les connexions traversent le plancher dans des tubes en verre et se rendent en plafond aux deux séries de câbles desservant les transformateurs, ces câbles sont montés sur isolateurs portés par des ferrures fixées à la voûte.

2° *Canalisations à 35 000 volts.* — Les bornes secon-

daires des transformateurs aboutissent à deux séries de trois câbles chacune, montés sur isolateurs à haute tension portés par des ferrures scellées à la voûte de la salle; les connexions reliant ces câbles aux fusibles secondaires des transformateurs traversent le plancher sous un double isolement formé d'un tube de verre et d'un tube de micanite; les fusibles ci-dessus viennent se mettre en parallèle aux bornes des coupe-circuits de ligne; de ces derniers les canalisations montées sur isolateurs à haute tension passent dans les transformateurs d'intensité des ampèremètres de ligne, à bain d'huile, puis se rendent aux parafoudres en traversant deux jeux de bobines de self-induction intercalées entre ces derniers et le tableau; après le dernier parafoudre, les canalisations sont raccordées à l'arrivée de la ligne.

Les appareils et connexions des alternateurs, et des primaires des transformateurs ont été soumis à une tension alternative de 8000 volts pendant 10 minutes tandis qu'un essai d'isolement de même durée a été effectué sous une tension alternative de 50 000 volts pour les appareils et connexions marchant normalement à 35 000 volts.

Divers. — Outre le matériel précédemment décrit, la station du Bournillon comporte encore :

1° Une génératrice à courant continu, du type « Schneider » pouvant donner 450 ampères sous 70 volts à la vitesse de 900 t:m, avec tableau indépendant; cette dynamo est commandée directement par une turbine spéciale de 35 poncelets environ, elle est destinée normalement à l'éclairage de l'usine. Elle doit également servir de secours comme excitatrice d'alternateur en cas d'avaries à l'une de ces dernières.

2° Un moteur synchrone triphasé « Schneider » d'environ 40 kw alimenté sous 220 volts par un transformateur spécial branché sur le circuit de 3800 volts des alternateurs, ce moteur commande le régulateur central des turbines système Bouvier; sa construction spéciale lui permet de démarrer en charge avec la plus grande facilité; il est desservi par un tableau spécial placé à proximité.

Ligne. — MM. Schneider et Cie ont également effectué la pose et la fourniture des isolateurs, fil de ligne et appareils de protection de la ligne de transport d'énergie; la pose et la fourniture des poteaux ont été faites par les soins de la Société du Vercors.

Les essais de ligne ont été effectués sous une tension de 35 000 volts en mettant une phase à la terre; les isolateurs se sont très bien comportés et aucun n'a été à remplacer.

Ce réseau qui fonctionne depuis plus d'un an en utilisant une différence de potentiel relativement élevée de 35 000 volts entre fils, marque un nouveau pas en avant fait en France vers l'emploi industriel des très hautes tensions.

A. SOULIER.

CONVERTISSEUR ROTATIF EN CASCADE

DE

LA COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE DE NANCY

La transformation industrielle des courants alternatifs polyphasés en courant continu s'effectuait jusqu'ici à l'aide de deux appareils très distincts dans leur principe : les commutatrices et les moteurs générateurs.

La *Compagnie générale électrique*, de Nancy, vient d'introduire sur le marché un nouveau transformateur qui tient à la fois de la commutatrice et du moteur-générateur, et dont les propriétés nouvelles et intéressantes méritent de fixer l'attention des électriciens.

Les commutatrices et les moteurs-générateurs ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients.

Les *commutatrices* conviennent pour des circuits fonctionnant à une fréquence de 25 périodes par seconde; elles sont par conséquent très employées pour les installations de traction, mais beaucoup moins pour celles d'éclairage. Elles ont par elles-mêmes un rendement presque aussi élevé que celui d'une simple dynamo de mêmes dimensions, mais il est nécessaire d'employer des transformateurs statiques pour abaisser la tension primaire et pour obtenir sur le réseau la tension voulue.

La perte due au transformateur étant plus faible que celle d'un moteur à courants alternatifs, le rendement global d'une sous-station de commutatrices est plus élevé que celui d'un groupe de moteurs-générateurs, tandis que le coût de premier établissement est un peu inférieur.

Les *moteurs-générateurs* ont des avantages qui, dans certains cas, compensent ceux des commutatrices. Ils sont utilisables sur des circuits de toutes tensions et pour toutes fréquences, et peuvent démarrer du côté alternatif, ce qui n'est pas possible pour les commutatrices.

Il n'y a aucun danger de renversement de polarité de la machine à courant continu pendant le démarrage, danger qui a souvent donné lieu à des accidents avec les commutatrices.

La dynamo peut être établie pour une tension quelconque et réglée suivant les besoins puisqu'elle est indépendante du courant alternatif d'alimentation. Le moteur-générateur est une machine moins délicate que la commutatrice et ne se décroche pas.

Les commutatrices sont réversibles. Elles peuvent fournir des courants alternatifs en les alimentant par du courant continu; les moteurs-générateurs ne permettent pas cette transformation, à moins d'employer un moteur du type synchrone qui présente alors l'inconvénient de ne pas pouvoir démarrer par le courant alternatif.

Le *convertisseur rotatif en cascade* que l'on pourrait

définir un *moteur-générateur-commutatrice*, réalise les avantages combinés des deux systèmes actuels de la commutatrice et du moteur-générateur, tandis qu'il en évite les inconvénients.

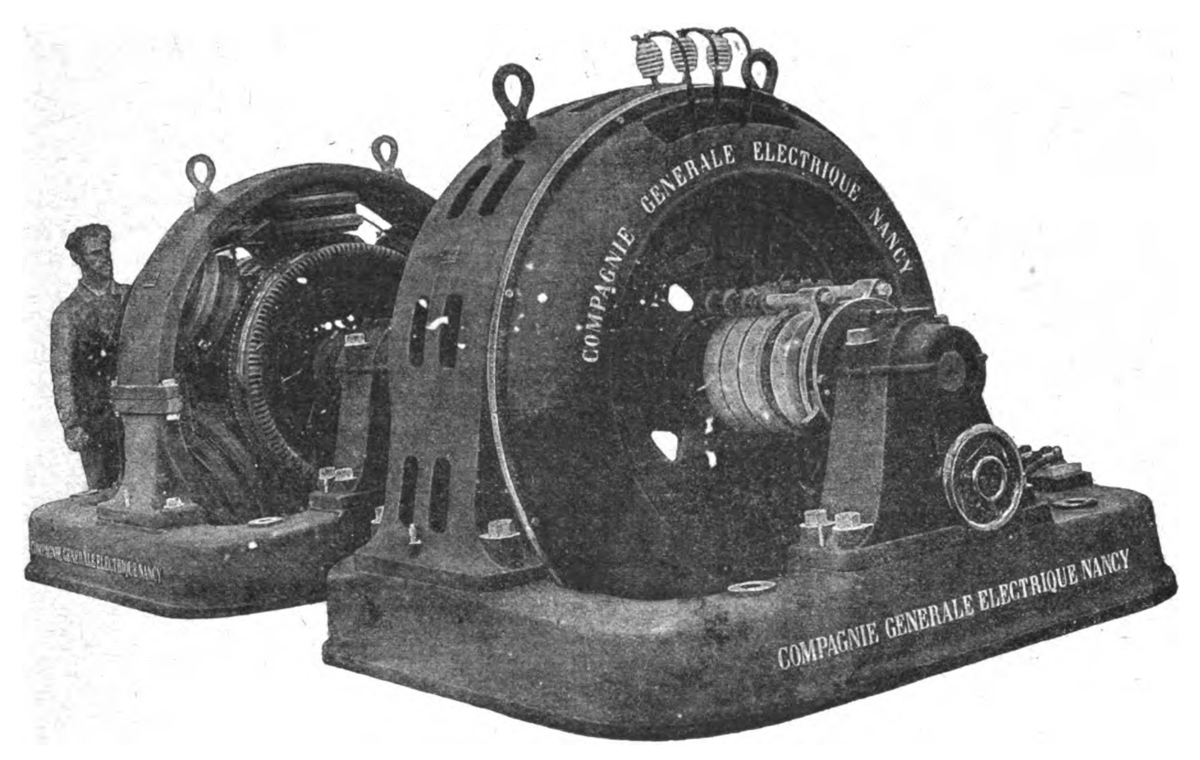


Fig. 1. — Vue d'ensemble du convertisseur rotatif en cascade de la Compagnie générale électrique de Nancy.

Il démarre tout seul, soit du côté alternatif, soit du côté continu et, une fois en vitesse, il marche au synchronisme, le couple synchronisant étant tellement énergique qu'il est presque impossible de mettre la machine hors phase.

Le côté courant continu peut être adapté à toutes les exigences; sa tension est réglable par le rhéostat de champ du circuit d'excitation dérivée; il peut en outre être combiné pour distribution à 3 fils et, dans ce cas, il permet d'équilibrer automatiquement de très grandes différences de charges entre les deux ponts.

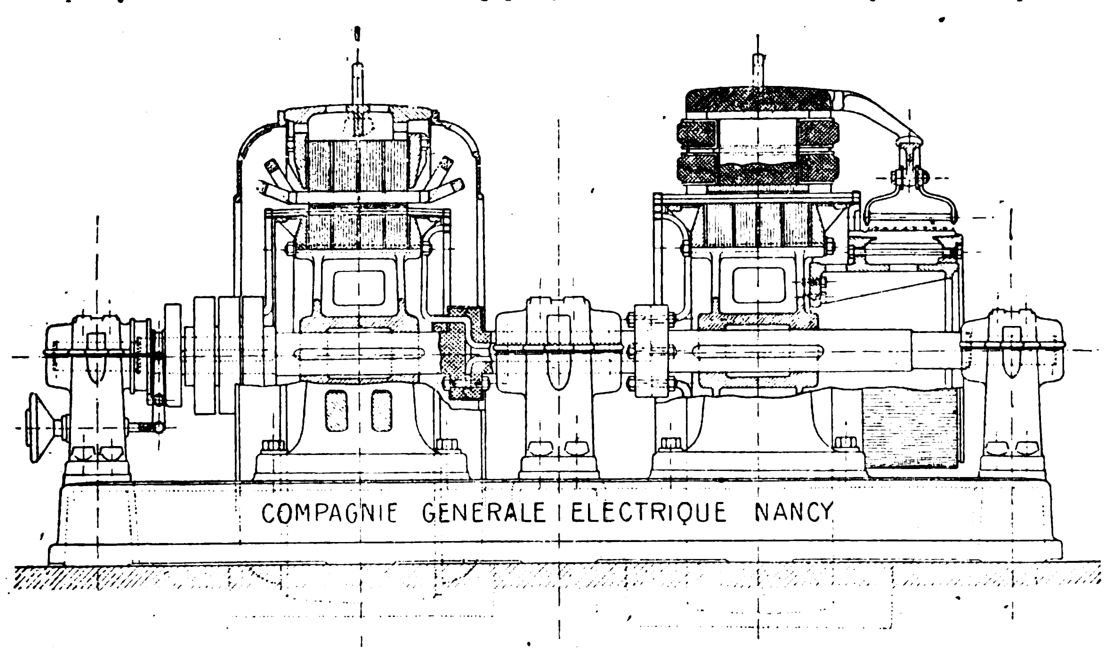


Fig. 2. — Coupe longitudinale du convertisseur rotatif.

Tout renversement de polarité est impossible, contrai-

rement à ce qui existe dans la commutatrice; son rendement est de plus de 2 pour 100 supérieur à celui d'un moteur-générateur de même puissance, et il est à peu près équivalent à celui d'une commutatrice avec son transformateur. Employé comme générateur de courants alternatifs et même avec un faible facteur de puissance, son réglage est excellent et son prix est inférieur à celui d'un moteur-générateur ordinaire de même puissance.

Description. — L'appareil est constitué en principe par un moteur alternatif asynchrone et une commutatrice dont les arbres sont accouplés rigidement entre eux (fig. 2). Le bobinage rotor du moteur asynchrone et le bobinage de l'induit de la commutatrice sont connectés en série, c'est-à-dire en cascade, ou en opposition, et en dérivation sur le circuit d'utilisation (fig. 3).

Admettons pour la simplicité que le moteur et la commutatrice ont le même nombre de pôles (2 pôles dans le cas qui nous occupe) et que le rotor et l'induit tournent à une vitesse angulaire correspondant à la moitié de la fréquence du courant primaire alternatif.

Dans ces conditions, le champ tournant induit dans le rotor par le circuit primaire, tourne, relativement au rotor, à la moitié de la fréquence du circuit d'alimentation et il induit par conséquent dans le bobinage du rotor, une force électromotrice alternative dont la fréquence est égale à la moitié de la fréquence du circuit primaire. Cette force électromotrice crée un courant dans le bobinage induit de la commutatrice, de sorte que le champ tournant se forme dans l'induit qui tourne, relativement à l'arbre, à une vitesse correspondant à la moitié de la fréquence du circuit d'alimentation, c'est-à-dire à la même vitesse que l'arbre.

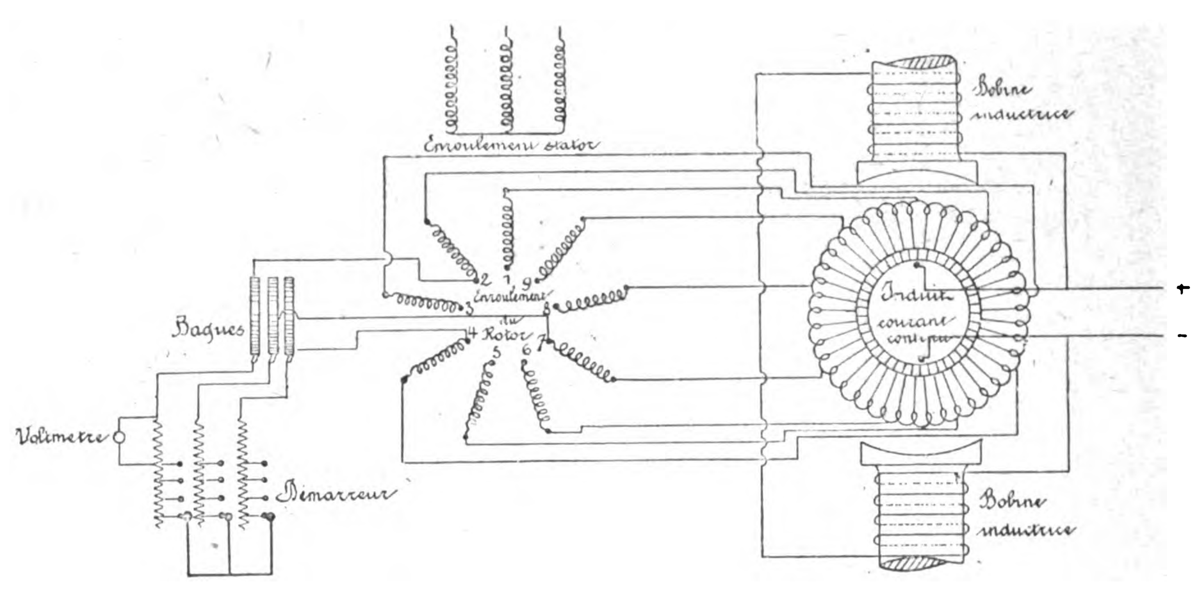


Fig. 3. — Diagramme des connexions du convertisseur rotatif en cascade.

Or, l'induit de la commutatrice étant connecté au rotor de telle façon que le champ tournant qui s'y développe tourne dans le sens opposé à celui de l'arbre, il est évident que ce champ tournant est immobile dans l'espace et que, par conséquent, la machine travaille, à cette vitesse, comme un moteur synchrone.

Comme le moteur asynchrone tourne à une vitesse correspondant à la moitié de la fréquence du courant primaire, la moitié de la puissance électrique fournie au moteur asynchrone est transformée en puissance mécanique et transmise *mécaniquement* par l'intermédiaire de l'arbre à la commutatrice, tandis que l'autre moitié est transmise *électriquement* au bobinage du rotor et, par cet intermédiaire, à l'induit de la commutatrice.

Dans ces conditions, le moteur asynchrone travaille moitié comme moteur et moitié comme transformateur, tandis que la commutatrice travaille moitié comme générateur de courant continu et moitié comme commutatrice.

Comme les dimensions des moteurs asynchrones dépendent de la fréquence du courant primaire et non de la vitesse angulaire du rotor, celui-ci serait théoriquement moitié plus petit que si, pour la même vitesse angulaire, il devait transformer la totalité de la puissance fournie en puissance mécanique.

La commutatrice tourne à une vitesse égale à la moitié de la fréquence primaire, ce qui est très avantageux au point de vue de la commutation.

Si le moteur asynchrone et la commutatrice n'avaient pas le même nombre de pôles, la machine tournerait à une vitesse qui serait dans la même proportion, par rapport à la fréquence du courant primaire, que le nombre de pôles du moteur et de la commutatrice.

Il en résulte que les puissances transformées dans le moteur en puissances mécanique et électrique, sont respectivement proportionnelles au nombre de pôles du moteur et du convertisseur; par conséquent, le nombre de pôles de la machine à courant continu peut être choisi de façon à réaliser une grande économie de matière.

Démarrage. — Au démarrage, le courant alternatif de haute tension traverse le stator et il induit des courants dans les bobinages du rotor. Au début, trois seulement des neuf ou douze bobinages du rotor sont utilisés. Ils sont connectés comme l'indique le schéma (fig. 3) au moyen de bagues et de résistances extérieures, à un point neutre.

La résistance extérieure est non inductive et on la met peu à peu hors circuit au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse de la machine.

Les autres extrémités des trois bobinages de phases sont connectées en permanence comme l'indique le schéma à travers l'arbre, à trois points de l'induit de la commutatrice dont le circuit d'utilisation est naturellement ouvert pendant la période de démarrage.

La machine démarre donc comme un moteur polyphasé ordinaire à rotor bobiné.

En même temps, le côté courant continu excite son champ.

Comme l'indique le schéma, la résistance du rotor ne peut pas être coupée complètement, car celui-ci ne doit atteindre que le demi-synchronisme, mais sa manette est amenée graduellement jusqu'au dernier cran.

L'amplitude des oscillations du voltmètre va en diminuant. Quelques secondes après que le dernier cran de la résistance est atteint, le voltmètre tombe à zéro, indiquant que la machine marche au demi-synchronisme. On met alors en court-circuit les bagues, et les points 1, 2, 3... 9, des bobinages du rotor sont connectés entre eux; les neuf ou douze bobinages de phases du rotor sont alors mis en service.

On voit que la mise en parallèle de ces convertisseurs n'a rien des complications habituelles, mais que pour l'effectuer il n'est besoin d'aucune compétence spéciale, le convertisseur se mettant de lui-même au demi-synchronisme, automatiquement, quelques secondes après que la manette du rhéostat a atteint son dernier plot.

En outre, le seul voltmètre connecté comme l'indique le schéma, en dérivation sur l'une des résistances du démarrage, constitue tout l'appareillage nécessaire, ce qui conduit à la plus grande simplicité dans l'établissement d'une sous-station.

Une fois en phase et les extrémités des enroulements du rotor mises en court-circuit, il est presque impossible à la machine de se décrocher. Des essais très concluants effectués sur des machines de faible puissance ont démontré l'existence d'un couple synchronisant important.

Réglage. — Dans la transformation des courants alternatifs en courant continu, le côté continu étant excité en dérivation, la chute totale de tension entre la pleine charge et la marche à vide peut être réglée entre 3 et 15 pour 100; on peut, en outre, la régler par le rhéostat de champ.

Une plus grande chute de tension peut être utile dans certains cas, par exemple lorsqu'on emploie une batterie d'accumulateurs, ce qui est fréquent dans la pratique des sous-stations. Avec un bobinage compound une augmentation ou une diminution de tension de 15 à 20 pour 100 peut être obtenue.

Les convertisseurs en cascade ne produisent aucun déphasage sur le réseau alternatif d'alimentation lorsqu'ils fonctionnent sous charge variable, avec des tensions primaire et secondaire constantes. Si, par contre, la tension du courant continu doit être réglable de 10 à 12 pour 100, le facteur de puissance atteint 98 pour 100; pour une variation de tension de 20 à 24 pour 100, le facteur de puissance serait de 93 pour 100.

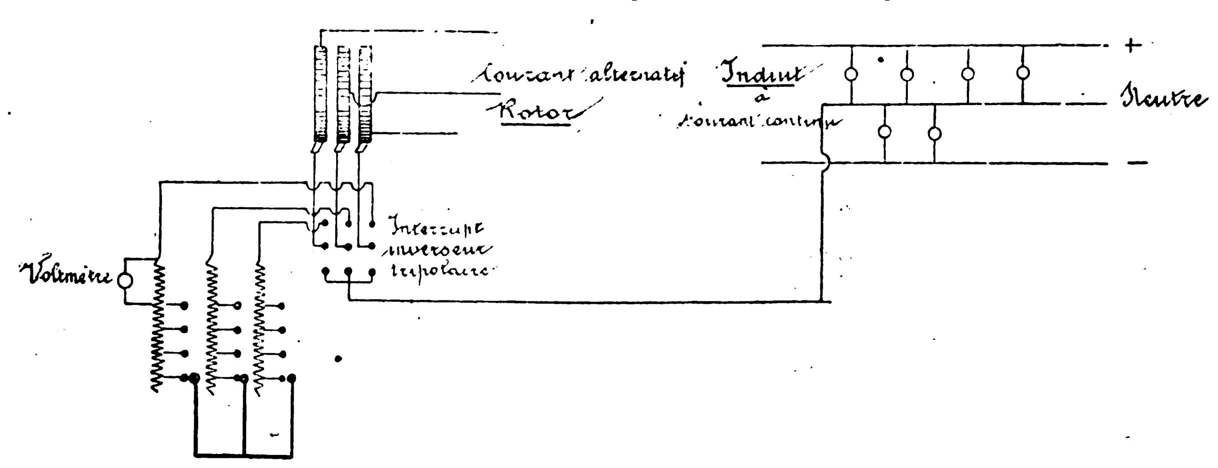


Fig. 4. — Alimentation d'un réseau de distribution à trois fils.

On voit donc que, dans toutes les circonstances, le déphasage des convertisseurs en cascade est bien inférieur à celui des groupes moteurs-générateurs.

Dans la transformation de courant continu en courants alternatifs, le réglage est excellent, même lorsque l'inductance du circuit extérieur correspond à un faible facteur de puissance.

On obtient en général une chute de 3 à 5 pour 100 avec un facteur de puissance égal à l'unité et 5 à 12 pour 100 avec un facteur de 0,8.

Distribution à trois fils. — Lorsque le convertisseur rotatif en cascade doit alimenter un réseau de distribution à trois fils du côté continu, il est disposé comme le représente la figure 4.

Les fils extérieurs sont reliés aux pôles + et — du réseau continu et le fil du milieu au point neutre du bobinage alternatif qui peut être mis à la terre. Le convertisseur travaille aussi comme équilibreur et comme générateur, et l'équilibre est si parfait que si l'un des ponts est complètement chargé et l'autre entièrement déchargé, la différence de tension entre le fil du milieu et les fils extrêmes peut être réduite à 3 pour 100.

Par conséquent, le convertisseur, connecté de cette façon, permet de se passer de groupe équilibreur, et l'importance de cette propriété au point de vue des distributions d'éclairage et de force motrice n'échappera à personne.

Le convertisseur rotatif en cascade présente donc des propriétés intéressantes au point de vue du transport à distance et de la distribution de l'énergie électrique.

A. Z.

LES PROGRÈS DU CODE ÉLECTRIQUE AMÉRICAIN

Les Américains passent, à tort ou à raison, pour nos maîtres en électricité. Il est intéressant de voir avec quelle rapidité ils ont progressé dans cette industrie, et combien ils nous ont dépassés dans une voie d'où il semble, cependant, que devait les éloigner leur caractère entreprenant et hardi : la voie de la prudence et des sages réglementations de sécurité.

Un historique intéressant vient d'en être fait devant la Section Électrique de l'Institut Franklin, dans un mémoire présenté le 9 février 1905, par M. Devereux, ingénieur électricien des associations d'assurances de Philadelphie. C'est en quelque sorte l'histoire des progrès et des tâtonnements d'où est sorti le code électrique national tel qu'il existe aujourd'hui.

L'auteur rappelle combien les installations étaient peu soignées, il y a vingt-cinq ans, et combien était plus large la liberté des installateurs américains que des installateurs anglais. Des conducteurs nus, montés sur bois par simples cavaliers, étaient souvent soumis à des tensions de 300 à 500 volts et la saine pratique de l'électricité admettait de telles façons de faire. Il en résulta naturellement des actions électrolytiques, des défauts à la terre, des courts-circuits et des incendies très nombreux par rapport au nombre relativement restreint des installations électriques.

Mais bientôt on s'avisa de réduire ces accidents dans une large proportion, par l'emploi d'isolants recouvrant les fils. Le premier isolant fut le coton paraffiné, et les cavaliers métalliques furent remplacés par des supports en bois. Cette innovation ne fut pas heureuse, et les assurances intervinrent pour prescrire l'emploi de couches protectrices d'amiante et d'enveloppes de plomb. L'usage en fut particulièrement prescrit pour les locaux à haute température, salles de chauffe, séchoirs, etc.

Mais, si ce procédé parut bon pour les hautes températures, il ne le fut pas pour les locaux humides, et il fut bientôt reconnu, sous ce rapport, inférieur au coton paraffiné primitif.

Loin de s'opposer à l'inspection par les Compagnies d'assurances, les installateurs la favorisèrent, et appelèrent sur bien des points, par leurs observations, la stipulation de prescriptions nouvelles. Les échanges d'idées furent fréquents et fructueux.

Dans le même ordre d'idées que les supports en bois, on adopta la moulure. Mais le premier mode de montage adopté, et les emplois qu'on en fit, provoquèrent des accidents. Souvent les conducteurs sortaient sans protection d'aucune sorte par des trous pratiqués dans les planchers ou les couvercles des moulures, ou traversaient des socles en bois, disposition dont on reconnut les inconvénients, même à 110 et 220 volts.

On améliora l'emploi des moulures, on prescrivit surtout de ne faire aucune sortie de fils sans un fourreau isolant, et la première matière employée pour ce fourreau fut le caoutchouc, qui ne donna pas satisfaction. On substitua aux tubes de caoutchouc les tubes d'ébonite, puis des tubes de papier mâché enduits de plusieurs couches d'asphalte, qui ne donnèrent pas non plus complète satisfaction.

On ne parut pas comprendre d'abord non plus l'intérêt des bonnes soudures, et souvent les inspecteurs relevèrent la substitution, à la soudure, d'enveloppes de papier d'étain ou d'autres connecteurs plus ou moins imparfaits du même genre.

L'insuffisance du bois conduisit à adopter des supports de porcelaine et des cavaliers de même substance. On l'adopta aussi pour la construction des socles d'appareils, et sa substitution au bois réalisa un progrès considérable.

On avait reconnu les qualités de l'amiante comme isolant des fils pour les locaux à haute température et sa sensibilité regrettable à l'humidité, on y adjoignit donc une couche de coton ou de chanvre enduit d'asphalte ou d'une composition isolante du même genre.

Ces substances isolantes ne sont pas incombustibles, mais, après une parfaite dessiccation elles sont d'une combustion lente, ce qui n'a pas empêché l'industrie de leur donner le nom de matières « incombustibles et imperméables ».

Le besoin d'isolements plus élevés a conduit à l'emploi du caoutchouc, mais l'expérience révéla d'abord, pour cet isolant, deux inconvénients principaux :

1° L'altération chimique du conducteur de cuivre par le soufre mélangé au caoutchouc.

2° L'altération du caoutchouc intérieur par dessiccation et la craquelure de ce caoutchouc par suite de la disparition du ruban extérieur caoutchouté.

Enfin on a pu éviter le premier inconvénient en employant des conducteurs étamés, et le second en ayant recours à plusieurs couches, au lieu d'une seule, de ruban caoutchouté.

Ce que l'auteur paraît considérer comme un très grand progrès avait été réalisé par les modifications que nous venons d'indiquer, mais ici l'auteur signale un surprenant retour en arrière.

La construction des isolateurs de porcelaine laissait place, en raison de ses imperfections, à certains accidents mécaniques, et laissait à désirer au point de vue esthétique.

Il est arrivé que des fils se sont détachés des isolateurs et sont venus en contact avec des conduites d'eau ou de gaz, il en est résulté des accidents; on en a cru devoir conclure que le besoin se faisait sentir de mettre le fil à l'abri de tous accidents de ce genre, en le logeant dans des moulures qui, primitivement, avaient été faites d'une seule pièce de bois dur. Les rainures étaient pratiquées à la partie postérieure, qui devait s'appliquer sur le mur. Cette disposition était très irrationnelle, et sur les murs encore humides et sur les plafonds il en est souvent résulté des décompositions chimiques, qui ont amené la détoriation de l'isolant, et provoqué des accidents. Cette moulure, connue sous le nom de moulure astrakan, fut bientôt remplacée par la moulure à deux pièces, mais elle fut primitivement employée sans préparation d'aucune sorte, et, tout en causant moins d'incendies que le précédent modèle, elle ne laissa pas de causer souvent des effets électrolytiques et des accidents.

Aujourd'hui la moulure est de construction moins légère, et son emploi est soumis à des réglementations très strictes. Elle n'est admise qu'après traitement de deux ou trois couches d'une peinture destinée à prévenir l'humidité et à augmenter l'isolement, et, malgré tout, on n'en autorise pas l'emploi dans les lieux humides ni dans les locaux qui peuvent être éventuellement inondés par suite de fuites ou de rupture de conduites.

Certains accidents produits par les conduites d'eau ou de gaz rendaient désirable la création d'appareils isolants spéciaux pour isoler les appareils d'éclairage des canalisations. Le premier joint isolant a été fait de caoutchouc ordinaire, mais son altération chimique et sa faiblesse mécanique l'ont fait abandonner; un plus grave inconvénient encore est son inflammabilité. Le joint en ébonite en prit bientôt la place, et le mica fut trouvé encore préférable, car, bien que destructible encore par le feu, il résiste mieux à l'arc que tout autre joint isolant.

L'emploi éventuel de l'éclairage au gaz et de l'éclairage électrique par les mêmes appareils, a créé un ordre de dangers tout spéciaux, l'électricité étant apte à produire, dans certains cas, des étincelles susceptibles d'enflammer le gaz, à la faveur d'une fuite quelconque, et pouvant d'ailleurs déterminer cette fuite par des effets électrolytiques. Le joint isolant en mica remédie au danger qui résulte, dans certains cas, d'une mise à la terre des lustres ou appliques à éclairage mixte.

Pour le passage des fils à l'extérieur d'un bâtiment on a tour à tour employé le caoutchouc flexible et les isolants à combustion lente, pour s'arrêter finalement aux tubes de porcelaine.

Quoi qu'il en soit, les règlements sont aussi peu favorables que possible au matériel mixte à gaz et électricité.

Les douilles de lampes ont été d'abord employées sans garniture et ont donné lieu à beaucoup d'accidents, dont la plupart ont disparu par l'adjonction d'un isolant intérieur. Les règlements américains donnent toujours la préférence aux connexions de lignes accessibles à tous moments, mais les méthodes de construction des bâtiments ont mis en faveur les tubes plus ou moins isolants et plus ou moins incombustibles qu'on trouve aujourd'hui sur le marché américain. Toutefois les tubes des boîtes de jonction métalliques ont en somme la préférence. Des tubes mixtes formés d'un isolant recouvert par une armature métallique légère ont été également employés, mais les bords coupants du tube métallique et sa déformation éventuelle ont souvent causé des difficultés. Aussi a-t-on développé l'emploi de conduites en fer garnies d'un isolant intérieur.

Le principal inconvénient du système est l'altération d'isolement du fil pendant qu'on le tire à l'intérieur du tube. Sa rigidité constitue un second inconvénient, qui a conduit à la création de tubes de fer flexibles, dont l'apparence s'écarte dès lors notablement de celles des conduites d'eau ou de gaz.

Le code national a aussi donné toute son attention à l'échauffement des conducteurs, et pour leur échauffement les coefficients sont bien différents de ceux qui président à l'échauffement des interrupteurs, barres omnibus, collecteurs de machines, etc.

Il a souvent été observé que les connexions dans les fusibles étaient suffisantes pour amener la fusion du plomb sans aucune cause extérieure à l'appareil. La rupture de courant par les fusibles ou par les interrupteurs a souvent provoqué des arcs, et la plupart des accidents dans un circuit d'éclairage étaient d'abord dus aux fusibles et aux interrupteurs. Les courts-circuits dans les douilles de lampes causaient aussi beaucoup d'accidents. Des incendies fréquents ont été propagés par les charbons des lampes à arc, et, plus que tous les autres accessoires, les boîtes de dérivation et les conducteurs en torsade ont révélé des inconvénients qui en ont fait combattre l'usage.

L'auteur considère comme particulièrement exposées les usines et raffineries de sucre, les minoteries, les brasseries, les scieries, les manufactures de coton, en raison des particules légères qui remplissent l'atmosphère des salles, et forment partout des poussières que peuvent enflammer la simple fusion d'un plomb ou les étincelles au collecteur.

Il n'y a pas d'installation qui soit jugée plus suspecte par les assurances que les installations privées destinées à fournir l'éclairage ou la force motrice à des particuliers, et c'est surtout par les accidents constatés dans ces

dernières que s'est enrichie l'expérience qui a permis d'établir les règlements si sévères qui sont en vigueur aujourd'hui. A. B.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

L'amélioration de la circulation dans Londres. — Les conditions de la circulation dans Londres sont actuellement plutôt mauvaises et elles le deviendront encore plus si on ne prend pas des mesures dès maintenant. Sans doute on peut arriver à de bons résultats en étendant les droits de la police ou même si on élargit les rues en certains endroits. Puis grâce à l'électrification des chemins de fer des faubourgs et à l'achèvement des lignes de tubes, on arrivera partiellement au résultat, mais il faut faire encore plus. Plusieurs ingénieurs suggèrent qu'il faut construire de nouvelles voies principales à travers de Londres. Il faut que ces nouvelles avenues absorbent le trop-plein du trafic existant et qu'elles s'étendent jusqu'aux faubourgs les plus éloignés. Il faut aussi qu'elles passent soit au-dessus, soit au-dessous de toutes les rues importantes du centre et qu'elles soient pourvues d'une voie centrale pour les automobiles. On devra aussi construire des chemins de fer et des tramways le long de ces routes principales non seulement pour les faire participer à une partie du coût de ces travaux, mais aussi pour faciliter la classe ouvrière qui se déplacera avec économie vers la banlieue de Londres.

La direction à donner à ces deux avenues principales sera l'une de l'est à l'ouest et l'autre du nord au sud. Ces avenues auraient une longueur totale de 75 km et sur un peu plus de la moitié de leur longueur elles comporteraient des chemins supérieurs et inférieurs, ces derniers passant au-dessus de tout le grand trafic en sorte que l'on aurait en ces endroits deux étages de rues. Chaque avenue aurait une largeur de 50 m sur laquelle on réserverait une route spéciale pour la circulation automobile, une double ligne de tramways et une double ligne de chemins de fer, celui-ci étant placé en l'air comme cela a lieu à Elberfeld, en Allemagne, ou en souterrain peu profond, immédiatement au-dessous des avenues principales ou dans un tube si la profondeur doit être un peu grande. On estime le coût total à 552 775 millions de francs et on pense que par les remboursements que l'on exigera des tramways et des chemins de fer, cette somme pourrait être amortie en quarante ans.

Une nouvelle pompe multicellulaire actionnée par des moteurs électriques. — MM. Mather et Platt ont récemment étudié une nouvelle forme de pompe dont les caractères principaux sont les faibles dimensions et le poids eu égard à la puissance de la pompe.

Récemment, ces constructeurs ont fait des essais en usine; l'une de ces pompes pouvait élever 2,3 m³ d'eau par minute à une hauteur maximum de 95 m.

Au-dessous du tuyau de refoulement se trouve un moteur à quatre pôles complètement enfermé, enroulé pour 500 volts à une vitesse angulaire de 1150 tours par minute et pouvant fournir 80 kw. On voit que l'on a prévu un grand excédent de puissance afin de pouvoir fonctionner même au delà des constantes indiquées. L'induit est vertical et il est relié par un accouplement flexible à la pompe. Un coussinet à billes au bout du moteur supporte le poids de l'armature et de l'arbre et un coussinet analogue situé au-dessus de la pompe supporte le poids des ailes de cette dernière et de son arbre. On a prévu des dispositifs spéciaux en vue de permettre à la pompe de fonctionner même lorsqu'elle est à une certaine hauteur au-dessus de l'eau. Le tuyau de refoulement passe entre les pôles du moteur, ce qui réalise une économie d'encombrement tout en protégeant les tuyaux et en refroidissant le moteur.

Un treuil placé en haut permet au moyen d'un câble métallique d'élever ou d'abaisser la pompe dans les puits.

La longueur totale de la pompe est de 5,5 m, son plus grand diamètre de 1,1 m et le poids total est de 15500 kg.

Une autre pompe multicellulaire, actionnée électriquement et à haute pression a été installée au pays de Galles dans une mine par les soins de la *British Westinghouse Cie* au lieu et place d'une pompe à vapeur.

La pompe à turbine, ainsi qu'une petite pompe centrifuge sont actionnées par du courant triphasé pris à la *South Wales Electrical Power Distribution Cie*, le courant est transformé de 11 000 à 450 volts dans une sous-station sur la houillère même. Un câble armé à trois conducteurs transmet le courant à basse tension dans le puits à une boîte de coupure et à un tableau qui est muni d'un interrupteur à huile, de coupe-circuits et des instruments de mesure. De ce tableau le courant va directement aux moteurs.

La plus grande pompe est du type Worthington à turbine à quatre roues; la plus petite est une pompe centrifuge de 10 cm de la même fabrication et toutes les deux sont directement actionnées par des moteurs triphasés Westinghouse type CB, le plus puissant de ceux-ci étant de 45 kw.

Le rôle de la plus petite pompe est d'alimenter un réservoir situé au-dessus pour amorcer la plus grande au moment de la mise en route. La surface prise par les anciennes pompes à vapeur est 10,5 fois plus grande que celle qui est nécessaire pour la pompe à turbines et 7,5 fois plus grande que celle qui est nécessaire pour les deux pompes électriques ordinaires.

Les pompes actionnées par l'électricité possèdent un rendement total de près de 70 pour 100 lorsqu'elles fournissent 1589 litres par minute à une hauteur de 110 m.

Ce type de moteur est très convenable pour actionner des pompes à turbine dans des mines ou autre part, car il n'y a point de balais ni de contacts. Les interrupteurs de

mise en marche sont complètement immergés dans l'huile et ils sont munis de couvercles à l'épreuve du grisou, de sorte qu'ils offrent une grande sécurité dans les mines. Ils ne demandent que très peu d'entretien car le palier du moteur et celui de la pompe se graissent eux-mêmes automatiquement,

Les moteurs industriels à courant alternatif. — M. Ionides a récemment fait une communication sur ce sujet à l'Institution of Electrical Engineers de Glasgow. Il pense que les municipalités de Glasgow, Manchester et de Liverpool fourniront bientôt du courant alternatif pour la force motrice à un plus bas prix que le courant continu.

Étant donné que ces changements se produiront dans un avenir prochain il paraît nécessaire d'examiner l'application du moteur à courant alternatif à toutes sortes d'industries. Le grand argument en faveur du moteur à courant alternatif, en particulier celui du type cage d'écureuil est sa simplicité et l'absence des parties qui s'usent. L'argument contre le moteur à courant alternatif, en comparaison avec celui à courant continu est qu'il ne permet pas un travail à vitesse variable. Les moteurs de ce type à vitesse constante peuvent être construits pour supporter une surcharge de 200 pour 100 avec une diminution comparativement petite de la vitesse, on en changeant les enroulements, le moteur peut être étudié pour donner son couple maximum au départ. Le moteur à bagues diffère du moteur à cage d'écureuil en ce que le rotor qui est enroulé est connecté à trois bagues en vue de démarrer avec une résistance dans le circuit secondaire.

Lorsqu'on veut démarrer avec de lourdes charges on a besoin d'une accélération graduelle, ce moteur est alors préférable au type à cage d'écureuil; cependant en commençant avec une charge donnée, le courant de démarrage n'est pas si grand qu'avec la cage d'écureuil et sa variation est analogue à celle qu'on peut obtenir avec le rhéostat de démarrage des moteurs à courant continu.

Des moteurs à cage d'écureuil de 7 kw qui reçoivent leur énergie d'une station de 150 ou 220 kw peuvent être démarrés directement sans l'emploi d'auto-transformateurs. Quoique cela ne nuise pas aux moteurs, ce procédé n'est pas à conseiller lorsque la station centrale est de faible puissance eu égard à celle des moteurs, parce qu'on absorbe un courant très intense au démarrage.

Dans les filatures et autres industries similaires il est très important que toutes les machines démarrent au même moment. Le moteur à cage d'écureuil est très commode pour cela, car il est possible avec eux de laisser tous les moteurs d'une même installation directement reliés à la ligne, et de les faire démarrer tous en même temps en excitant la machine en marche. Ce moteur est aussi très commode pour le travail dans les mines, tel que l'actionnement de pompes, des ventilateurs et la traction souterraine, car il n'y a que les paliers qui demandent un peu d'attention. Il est aussi commode pour la pompe à turbine à haute pression, car on exige souvent pour cela des moteurs de 75 kw et même plus, qui marchent à une vitesse de 1400 à 1500 tours par minute. Enfin certains travaux exigent que les moteurs aient une variation de vitesse de 6 ou 8 à 1, avec la possibilité de pouvoir fonctionner continuellement et avec un haut rendement à toute vitesse intermédiaire.

Cette nécessité se rencontre, principalement avec les machines pour la fabrication du papier, ou quelquefois dans l'imprimerie sur toile et dans la teinturerie.

Le moteur à courant continu pour cela a toujours été plus ou moins coûteux et difficile à établir. Le moteur en série à courant alternatif simple est beaucoup plus simple et marcherait, paraît-il, bien mieux. La disposition à employer consisterait à prendre un moteur à courant alternatif simple commandé par un régulateur d'induction qui est en somme un transformateur à survolteur placé en série avec le moteur. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 juin 1905

Pouvoir thermoélectrique et effet Thomson. — Note de M. Ponsot, présentée par M. Lippmann. — Lors que deux sections d'un fil métallique sont maintenues à des températures différentes θ et θ_0, $\theta > \theta_0$, et qu'on fait passer un courant électrique dans ce fil, on peut mettre en évidence l'effet Thomson. Nous ignorons la nature des phénomènes produisant cet effet, mais nous savons que cet effet est proportionnel à l'intensité du courant et qu'il change de signe par un renversement du courant. Nous admettons que les phénomènes qui se produisent sont réversibles dans les conditions de réversibilité du courant électrique.

On peut comparer ces phénomènes réversibles se produisant dans un fil entre des sections θ, $\theta + d\theta$, $\theta + 2d\theta$, ..., par le passage de 1 coulomb à ceux dont seraient le siège des machines de Carnot identiques fonctionnant entre les mêmes températures et utilisant, par suite, la chute d'une quantité constante, s, d'entropie. Le rendement de toutes ces machines étant indépendant de leur nature, les phénomènes accompagnant le passage de 1 coulomb entre deux sections de température θ et θ_0 transforment en énergie électrique une quantité de chaleur $s(\theta - \theta_0)$ ou réciproquement, s étant le potentiel de l'énergie électrique, $\frac{ds}{d\theta}$, positif ou négatif, est une constante caractéristique de chaque conducteur, c'est le coefficient de l'effet Thomson dans ce conducteur.

Les soudures d'un élément thermoélectrique formé de deux métaux A et B étant à des températures θ et θ_0, q étant la chaleur absorbée à la soudure chaude θ, q_0 celle rendue à la soudure froide θ_0, quand l'élément fonctionne en abandonnant de l'énergie dans un circuit extérieur, le courant allant dans A

de la soudure θ_0 à la soudure θ, j'ai pu établir[1] l'expression de la force électromotrice e de cet élément en posant :

$$\frac{d\epsilon}{d\theta_A} - \frac{d\epsilon}{d\theta_B} = B.$$

On en tire :

$$\frac{de}{d\theta} = \frac{q}{\theta}, \qquad (1)$$

$$\frac{de}{d\theta_0} = -\frac{q_0}{\theta_0}, \qquad (2)$$

et

$$\frac{q}{\theta} = C - B \log \theta, \qquad (3)$$

$$\frac{q_0}{\theta_0} = C - B \log \theta_0. \qquad (4)$$

Si l'on considère θ_0 aussi rapproché que possible du zéro absolu et θ croissant à partir de θ_0, $\frac{de}{d\theta}$ est positif par définition, d'où (1) $\frac{q}{\theta}$ est positif; $\frac{de}{d\theta_0}$ négatif et $\frac{q_0}{\theta_0}$ positif.

C a une valeur finie; la relation (4) indique que $\frac{q_0}{\theta_0}$, positif, croît indéfiniment quand θ_0 tend vers zéro, cela exige que B *soit positif.*

$$\frac{dq}{d\theta} = C - B - B \log \theta; \quad \frac{d^2q}{d\theta^2} = -\frac{B}{\theta},$$

par conséquent, à une température θ telle que

$$\log \theta = \frac{C - B}{B},$$

q passe par un maximum. Il devient égal à zéro à une température θ_n (point neutre) telle que

$$\log \theta_n = \frac{C}{B},$$

puis devient négatif.

La force électromotrice $e = q + B(\theta - \theta_0) - q_0$ passe par un maximum quand $q = 0$ (1), et change de signe (point d'inversion correspondant à θ_0) quand les valeurs q et q_0 réunies atteignent la valeur $B(\theta - \theta_0)$.

Cela posé, considérons de gauche à droite une chaîne de métaux, à une température θ inférieure à celle du point neutre le plus bas d'un couple quelconque formé deux métaux consécutifs, ces métaux étant disposés dans un ordre tel qu'un courant électrique absorbe de la chaleur en passant d'un métal à celui qui est à sa droite, *q étant positif, B est également positif*; or, $\frac{q}{\theta} = \frac{de}{d\theta}$ est ce qu'on a appelé le *pouvoir thermoélectrique*, à la température θ, d'un métal par rapport à celui qui est à sa droite; B est l'excès de la valeur du coefficient de l'effet Thomson dans un métal sur la valeur de ce coefficient dans le métal suivant ; donc, *avec la condition de température énoncée plus haut, le classement des métaux d'après la valeur décroissante du coefficient de l'effet Thomson est celui dans lequel le pouvoir thermoélectrique d'un métal par rapport au suivant est positif.*

On pourrait ajouter que le pouvoir thermoélectrique d'un métal par rapport à celui qui termine la liste et l'excès de son coefficient de Thomson sur celui de ce dernier vont constamment en décroissant d'un métal au suivant.

Rosing[1] ayant déterminé expérimentalement le coefficient de l'effet Thomson, et considérant les résultats connus sur le pouvoir thermoélectrique de couples de métaux (Tables de Tait), a formulé une remarque presque identique à la loi énoncée ci-dessus en signalant des exceptions.

Si, d'ailleurs, on compare la liste des métaux établie par Mathiessen, d'après leur pouvoir thermoélectrique rapporté au plomb, à la liste des métaux donnée par M. Le Roux, d'après la grandeur du coefficient de Thomson, on ne trouve pas non plus entre elles une concordance absolue. Le raisonnement par lequel j'ai établi la loi précédente montre qu'elle n'est rigoureusement vraie que dans une condition bien définie de la température, condition qui n'est pas remplie dans les comparaisons précédentes.

(1) *Comptes rendus*, 27 octobre 1902.

(1) *Journal de physique*, 1900, p. 55.

La pyrrhotine, ferromagnétique dans le plan magnétique et paramagnétique perpendiculairement à ce plan. — Note de M. Pierre Weiss, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 19 juin 1905

De l'influence de la concentration sur les propriétés magnétiques des solutions de cobalt. — Note de M. P. Vaillant, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus.*)

JURISPRUDENCE

ACCIDENTS — CABLE ÉLECTRIQUE — RESPONSABILITÉ

La responsabilité des accidents est une source féconde de décisions discordantes dans lesquelles il serait téméraire de chercher à dégager des principes absolus. L'extraordinaire variété des circonstances dans lesquelles ils interviennent empêche qu'on puisse tirer d'une espèce à une autre une leçon profitable, et le meilleur service qu'on puisse rendre à ceux qu'intéressent ces solutions est de les rechercher, de les réunir et de les placer intégralement sous leurs yeux.

Voici un cas dans lequel le Tribunal de Pau, qui a eu à statuer, a cherché à tenir compte tout à la fois des défectuosités initiales d'une installation dangereuse par elle-même, des précautions prises pour y remédier, d'une certaine imprudence de la victime. En cherchant à les combiner il est arrivé à une solution qui ne paraît pas sans doute regrettable en équité, mais dans laquelle on

serait tenté de constater une certaine contradiction, et où se trouve exprimée une règle dont l'expression est principalement à retenir.

Je cite d'abord la décision elle-même.

Je reviendrai ensuite en quelques mots sur la contradiction qu'on pourrait être tenté de reprocher au Tribunal et sur le principe général qui se dégagerait de son jugement.

L'espèce est parfaitement mise en relief par le jugement qui est du 10 décembre 1904 et que j'emprunte au *Moniteur judiciaire* de Lyon du 4 janvier 1905 :

Le Tribunal.

Vu l'assignation du 30 juin 1904;

Attendu qu'il est constant que le 28 avril 1904, le jeune S... âgé de moins de quatorze ans, apprenti jockey chez X... a été victime d'un accident mortel; qu'il a été foudroyé en touchant le câble conducteur d'un courant à haute tension;

Attendu qu'il a été expliqué que la Société électrique des Pyrénées pour distribuer la lumière a établi dans divers endroits des appareils dits « transformateurs » qui reçoivent l'énergie électrique venant de l'usine centrale, la transforment et la conduisent dans les différents immeubles d'un même quartier au moyen de fils s'amorçant sur le câble du transformateur; que l'éclairage électrique a été installé depuis plusieurs années dans la propriété de X..., par les soins de la Société électrique; que le transformateur a d'abord été placé au-dessus des écuries, les fils à haute tension passant au-dessus des immeubles habités, mais que dès le mois d'avril 1904 la Société a installé dans la cour du parc de X... une guérite spéciale pour le transformateur avec précision fournie par la Société défenderesse, qu'elle a choisi, pour amener dans cette guérite le courant à haute tension, un câble particulier qui aurait présenté des garanties absolues d'isolement même au milieu de l'humidité.

Attendu que S... soutient à juste titre que la Société électrique est responsable du déplorable accident dont il s'agit, qu'il résulte en effet des documents produits que ladite Société a disposé dans le parc de X... et à la sortie de la petite cabane dans laquelle elle avait placé le transformateur un câble à tension normale d'environ 3000 volts, à 1,22 m au-dessus du sol; que ce câble qui présentait un extraordinaire danger était accessible au personnel de X... et même à toute personne;

Attendu qu'il est bien plaidé au nom de la Société que le demandeur devrait avant tout prouver la faute, la négligence et l'imprudence de cette Société; qu'il est bien spécifié que ladite Société a fait tout le possible pour éviter l'accident, puisque l'isolant du câble, était, d'après le constructeur, suffisant pour que l'humidité ne soit pas à redouter, et que, d'autre part, deux plaquettes avaient été apposées sur les poteaux adducteurs des fils avec l'inscription suivante : « Il y a danger de mort de toucher ces fils »;

Mais attendu que ces explications restent insuffisantes;

Que la prudence la plus élémentaire exigeait qu'un câble aussi dangereux fût placé hors de portée; que la Société électrique semble même l'avoir reconnu, puisqu'il a été déclaré pendant le cours des débats et non dénié par elle qu'une barrière protectrice avait été placée le jour de l'accident et que le câble avait été enfermé dans une gaine dépassant la hauteur d'un homme empêchant ainsi toute atteinte sans forcer la barrière ou grimper sur le poteau;

Attendu que si X... a autorisé la Société à placer une cabane ou guérite dans son parc, il n'est pas douteux pour le Tribunal que la surveillance de cette cabane et du câble qui en était l'occasion incombait à la Société; qu'en admettant même que le câble ait pu perdre sa puissance d'isolement par suite des pluies ou des variations atmosphériques, il appartenait à cette Société de prendre les mesures nécessaires pour remédier à cet état de choses; que le danger étant connu ou tout au moins prévu, toutes les précautions possibles devaient être prises pour y parer;

Attendu d'ailleurs qu'aux termes de l'article 1386 tout propriétaire d'un bâtiment est responsable des défauts qui y sont inhérents; qu'il faut précisément assimiler aux bâtiments les choses qui en dépendent par incorporation, tels que les mécanismes et les appareils qui en font partie intégrante.

Vu les articles 1382, 1383 et 1384 du Code civil.

Et attendu qu'il est de principe que lorsqu'un enfant a été victime d'un accident mortel les Tribunaux doivent, pour fixer la réparation due aux parents, apprécier avec le dommage moral, le dommage que leur cause la perte des salaires que gagnait l'enfant et l'assistance qu'ils devaient en espérer pour l'avenir;

Que dans l'espèce la situation du demandeur serait non seulement très pénible, mais très précaire; que le père pouvait légitimement compter sur son enfant qui, logé et nourri, gagnait déjà 20 fr par mois et dont les salaires pouvaient être augmentés à brève échéance;

Attendu cependant que, pour l'évaluation des dommages-intérêts, le Tribunal doit remarquer que la malheureuse victime a commis elle-même une imprudence manifeste; que sachant lire et écrire, cet enfant pouvait remarquer les deux plaques dont il a été parlé ci-dessus, et qu'en effet ce n'est pas par simple inattention ni mégarde qu'il a frôlé le câble électrique;

Vu l'article 130 du Code civil.

Par ces motifs :

Condamne la Société électrique à payer à S... la somme de 2000 fr à titre de dommages-intérêts pour les causes dont il s'agit, avec les intérêts à compter du jour de la demande;

Le condamne aux dépens.

Ce qui se dégage tout d'abord de cette décision c'est que, lorsqu'une installation est dangereuse par elle-même, il ne suffit pas pour se soustraire à la responsabilité qu'elle peut entraîner d'en signaler le caractère par des avis ou des précautions d'un caractère purement prémonitoire. Il faut de plus que ces précautions fassent disparaître réellement le danger ou l'atténuent dans la plus large mesure. Le jugement du Tribunal de Pau sur ce point paraît d'accord avec la jurisprudence générale. Je ne dis pas que cette jurisprudence soit exempte de toute critique. Il y a évidemment quelque chose qui ne satisfait qu'à moitié l'esprit dans cette considération qu'un acte illicite chez la victime de l'accident, — alors même que sans cet acte l'accident ne se serait pas produit — ne suffit pas à dégager la responsabilité de l'auteur. Mais il faut reconnaître, que sur ce point, le Tribunal n'a fait que suivre d'augustes exemples et je pourrais citer tel arrêt qui est allé jusqu'à mettre à la charge d'un propriétaire un dédommagement à un promeneur qui, ayant franchi le mur de son enclos, s'était broyé la jambe dans un piège à loup.

Le Tribunal à cet égard paraît d'ailleurs avoir éprouvé quelques hésitations, car, après avoir proclamé la responsabilité de la Compagnie il l'atténue en tenant compte de l'imprudence de la victime. Et c'est ici précisément qu'on pourrait être tenté de parler de contradiction. Quel est l'effet, pourrait-on être tenté de dire, de l'imprudence de la victime ou de la faute de l'auteur de l'accident?



C'est d'engager ou de dégager la responsabilité. Par suite si elles se neutralisent il ne saurait plus en être question. Mais comment admettre, une fois que le principe de responsabilité est encouru, que l'événement qui ne peut être envisagé que comme cause puisse être, à un degré quelconque, déterminant du *quantum* de cette responsabilité? Il semble que sur ce point on ne devrait tenir compte que d'éléments extrinsèques de l'accident, l'âge de la victime, ses ressources, sa santé, etc., etc. C'est pousser trop loin la logique, et les tribunaux, en poursuivant leur œuvre d'équité, n'iront jamais jusque-là. On conçoit que dans une difficulté où il n'y a pas place pour une question d'appréciation de mesure, la réciprocité des fautes engendre une solution purement négative. Deux époux, par exemple, demandent le divorce. Ils ont des torts réciproques. Cette réciprocité ne pourra avoir pour effet que de faire rejeter le divorce ou de le faire prononcer à la requête de chacun d'eux. Ici, au contraire, cette coexistence de faute peut se traduire par une gradation dans le taux de la responsabilité sans que l'équité en souffre, ce qui est le principal.

Reste à mettre en relief enfin la raison de principe par laquelle le Tribunal cherche à concilier tout cela. C'est un effet, dit-il, de l'article 1386, aux termes duquel le propriétaire d'un bâtiment est responsable de sa ruine lorsqu'elle est arrivée par suite du défaut d'entretien ou par le vice de la construction. Je crois ici que le Tribunal a donné une interprétation tout à fait excessive de cet article, qui imposerait au propriétaire une responsabilité réelle indépendante de toute idée de faute démontrée, par cela seul qu'il serait propriétaire. Je crois avec la plupart des auteurs que c'est dénaturer le texte de cet article que d'en faire le siège d'un principe analogue à celui qu'a établi en matière industrielle la loi du 9 avril 1898. En tous cas, si cet article devait être interprété ainsi, il faudrait le limiter aux bâtiments proprement dits et aux propriétaires de ces bâtiments, ce que n'a pas fait le Tribunal, puisqu'il n'y avait pas à proprement parler de bâtiments en cause et que la Société électrique ne pouvait être envisagée ici que comme contractante.

ADRIEN CARPENTIER,
Agrégé des Facultés de droit,
Avocat à la Cour d'Appel de Paris

BIBLIOGRAPHIE

Die asynchronen Drehstrommotoren (LES MOTEURS A CHAMP TOURNANT ASYNCHRONES), par G. BENISCHKE. — *F. Vieweg u. Sohn*, éditeurs, Brunswick, 1905. — Format : 22 × 16 cm; 175 pages. — Prix marqué, broché : 7 fr.

« Les moteurs à champ tournant asynchrones, Fonctionnement, Essai et Calcul », tel est le titre complet du 5e fascicule de la petite collection *L'Electrotechnique par monographies* publiée sous la direction de l'auteur ci-dessus, dont nous avons déjà eu l'occasion de parler et sur laquelle nous reviendrons encore au fur et à mesure de ses publications. Sans qu'il soit guère possible jusqu'ici de les différencier, elles se signalent toutes, et celle-ci en particulier, par le choix des sujets traités, leur conception technique, le sérieux de leurs auteurs, leur contenu substantiel et condensé, autant que par l'excellence de leur exécution, texte, figures et même planches en couleurs si favorables à la facile intelligence des machines à multiples circuits.

Table analytique des matières, Index alphabétique, Groupement des notations adoptées, Tableau d'ensemble et récapitulatif des principales formules et expressions, tout y révèle un grand sens pratique et la préoccupation de fournir aux étudiants tous les éléments d'étude et de recherches susceptibles de faciliter leur travail.

E. BOISTEL.

Elettricita e Materia (ÉLECTRICITÉ ET MATIÈRE), traduction de l'américain par G. PAE. — *U. Hoepli*, éditeur, Milan, 1905. — Format : 15 × 10 cm; 200 pages. — Prix : 2 fr.

A ceux de nos lecteurs plus familiarisés avec la langue italienne qu'avec l'anglais (ou l'américain), nous signalons ce charmant petit volume dont nous n'avons pas à rendre compte en cette langue d'emprunt et que nous eussions plus logiquement et régulièrement annoncé sous le nom de son véritable et original auteur, le professeur J.-J. Thomson. Ouvrage de science philosophique ou de philosophie scientifique, il nous conduit de proche en proche, dans ses six chapitres suivis d'un appendice du traducteur, des lignes et tubes de force, en passant par la masse électrique, et la structure atomique de l'électricité, à la constitution de l'atome, à la radioactivité et aux nouvelles conceptions physiques de l'atome et du rôle de l'électricité dans la nature, autant de sujets sur lesquels on discourra encore bien longtemps avant de savoir quelque chose et surtout d'y trouver ce que l'on y cherche.

E. BOISTEL.

La Télégraphie sans fil, par MAZOTTO, traduction MONTPELLIER. — *Vve Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 255 × 165 mm; 432 pages. — Prix, broché : 12,50 fr.

Infatigable traducteur d'italien, qui a décidément ses préférences, M. Montpellier, quoique très grand admirateur des travaux de MM. Boulanger et Ferrié, et peut-être même pour faire ressortir le mérite et la valeur de nos compatriotes, nous donne aujourd'hui la traduction de cet intéressant ouvrage, monument élevé en plein pays de macaroni à la gloire de Marconi.

Ce n'est pas cependant que l'auteur soit, à cet égard,



exclusif. Comme il le dit lui-même dans son introduction, son but est d'exposer aussi simplement et clairement que possible les principes sur lesquels est fondé le nouveau système de communication, de décrire les appareils utilisés à cet effet, ainsi que leur installation dans les stations, de suivre pas à pas les progrès réalisés par les divers inventeurs qui ont imaginé des modes de radiotélégraphie et, finalement, d'exposer, dans l'ordre chronologique, les développements acquis depuis les premières expériences de M. Marconi à Bologne jusqu'aux transmissions transatlantiques (?). Comme conclusion de ce travail, il y est montré l'état actuel de la radiotélégraphie, les services qu'elle rend actuellement et les applications plus nombreuses encore dont elle est susceptible dans l'avenir et dont elle serait surtout susceptible si l'on arrivait à assurer l'indépendance et, par suite, le secret de ses communications.

Un dernier chapitre traite de la téléphonie sans fil encore à l'état d'étude mais dont, par le temps qui court, on peut espérer certaines applications ultérieures.

Le caractère essentiellement pratique de cet ouvrage, dépouillé de tout appareil mathématique, effrayant ou tout au moins déconcertant pour bien des gens, assure la vente de cet ouvrage aussi précieux pour les amis de la Science que pour les amateurs de merveilleux. — Ce sera un des bons *numéros* de la maison Dunod.

E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, *boulevard de la Madeleine, Paris.*

---

349 440. — **Firley.** — *Dispositif interrupteur automatique pour lampes électriques* (23 décembre 1904).

349 583. — **Randall.** — *Système de téléphonie électrique* (19 décembre 1904).

349 558. — **Bletschacher.** — *Commutateur électro-mécanique pour postes téléphoniques à prépaiement* (28 décembre 1904).

349 625. — **Latour.** — *Système de bobinage des induits à collecteur à plusieurs enroulements* (27 décembre 1904).

349 559. — **Richards.** — *Régulateur de courants alternatifs* (27 décembre 1904).

349 632. — **Hoskins.** — *Couple thermo-électrique* (28 décembre 1904).

349 654. — **Jacob.** — *Nouvel accumulateur* (29 décembre 1904).

349 627. — **Courvoisier frères.** — *Compteur horaire d'électricité* (28 décembre 1904).

349 660. — **Schwabe and C°.** — *Dispositif pour l'éclairage électrique d'appartements et autres locaux intérieurs* (29 décembre 1904).

349 663. — **Schwabe and C°.** — *Dispositif d'éclairage électrique pour tableaux, pianos, etc.* (29 décembre 1904).

349 672. — **Underhill.** — *Perfectionnements apportés aux appareils télégraphiques* (2 août 1904).

349 757. — **Peticky.** — *Dispositif pour établir automatiquement au bureau central la communication entre deux abonnés d'un réseau téléphonique* (19 décembre 1904).

349 776. — **Société Mors.** — *Appareil producteur d'étincelles électriques* (31 décembre 1904).

349 795. — **Siemens-Schuckert Werke.** — *Machine à collecteur avec pôles auxiliaires excités en dérivation* (31 décembre 1904).

349 806. — **Gutzmann.** — *Inducteur magnétique avec armature en forme de double T presque fermée* (31 décembre 1904).

349 698. — **Lindquist.** — *Électro-aimant pour courant alternatif* (20 décembre 1904).

349 762. — **Société industrielle des téléphones.** — *Indicateur d'état de tension d'une ligne électrique* (30 décembre 1904).

349 781. — **Muller.** — *Procédé de fabrication d'une matière isolante* (31 décembre 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône. — L'Assemblée ordinaire de cette Société s'est tenue le 6 juin dernier, sous la présidence de M. Henry, président du Conseil d'administration.

Comme le fait ressortir la lecture des rapports, l'exercice 1904 s'est montré en progrès assez sensible sur ses devanciers. En effet, les recettes de 1904 se sont élevées à 3 330 449,21 fr, en augmentation de 352 448,34 fr sur l'exercice 1903.

La progression du chiffre d'affaires n'a pas occasionné d'augmentation dans les frais, mais, au contraire, ceux-ci ont été diminués dans une proportion qui indique les efforts faits par la direction sur ce chapitre. C'est ainsi que les frais généraux qui étaient de 250 003,45 fr en 1903 ont faibli à 249 548,25 fr en 1904, et les frais d'exploitation et d'entretien qui avaient été de 443 113,57 fr en 1903, ont été ramenés à 425 940,02 fr en 1904.

Il n'y a que les impôts et redevances qui soient en augmentation : 164 232,08 fr en 1904 contre 144 267 fr en 1903.

Ces derniers chiffres sont forcément indépendants de la volonté du Conseil, mais ils confirment l'augmentation du chiffre d'affaires sur lequel le fisc étend sa main inexorable.

Les frais généraux étant couverts, l'intérêt des obligations étant servi et après qu'il fut attribué une somme de 200 000 fr à la dépréciation du matériel à l'inventaire, l'exercice 1904 se solde par un bénéfice net de 1 201 443,16 fr. Cette somme augmentée du report de 1903 donne un total disponible de 1 545 728,28 fr.

Au point de vue technique, on a pu constater que l'adduction d'eau à l'usine hydro-électrique se trouvait réglée par l'ouvrage de garde dont les vannes ont reçu l'adjonction d'un moteur électrique alimenté par l'usine, ce qui permet de les manœuvrer avec rapidité sans efforts et sans frais.

La distribution actuelle d'énergie pour la force motrice ne dépasse pas la mise en marche de 7 turbo-alternateurs pour le service de 14 737 chevaux d'abonnement. La Société peut donc satisfaire à une consommation bien supérieure avec la totalité

de ses grandes turbines au nombre de 16, y compris les unités de réserve.

Il lui faudra cependant prévoir qu'à un moment donné, pendant les journées courtes, elle devra pourvoir au chevauchement de la force motrice et de la lumière électrique, c'est-à-dire à commencer la distribution de celle-ci quand la force motrice sera encore employée dans les usines. Les mesures à prendre pour laisser aux alternateurs toute leur puissance disponible pour la force motrice consiste à diviser les machines de secours pour permettre le chevauchement de quelques heures par jour. Il faudra surtout éviter les causes d'interruption, surtout pour le service de l'éclairage public.

En janvier de cette année, dans la nuit du 2, par un froid de 15° et un vent violent, de grandes quantités d'aiguilles de glace se sont formées, chose curieuse, dans la couche profonde de l'eau du canal, alors que la surface restait libre. Ce phénomène, assez rare, a causé l'arrêt des excitatrices et interrompu l'exploitation pendant la nuit. Malgré la rareté du fait, le Conseil a dû songer à mettre le service des abonnements à l'abri de tout aléa de cette nature.

Dans ce but, un échange a été conclu avec la nouvelle Compagnie lyonnaise de Tramways, à laquelle les Forces motrices du Rhône fourniront la quantité d'énergie utile à son service dans les conditions et au moment où l'usine n'en éprouvera aucune gêne, notamment le dimanche et en été, et cette Compagnie rendra en nature l'énergie reçue des Forces motrices aux jours et aux heures où les besoins spéciaux pourront en réclamer le secours.

Pour compléter ces points, le Conseil a décidé de faire installer à côté de l'usine un groupe de turbo-alternateurs, dont la dépense sera de 850 000 fr environ, payable en 5 ans.

Munie de ce service auxiliaire, l'usine hydro-électrique pourra utiliser son maximum de puissance et faire face à toutes les éventualités.

Le réseau des canalisations, étendu dans toutes les parties de la ville de Lyon, comprenait 419 km au 1er janvier 1904; il atteint aujourd'hui 431 km.

On ne trouve plus dans cette légère progression l'effet de la lutte que la Compagnie eut à soutenir pour la conquête du territoire maintenant desservi ; car il ne s'est agi ces derniers temps que des raccords nécessaires à la clientèle. On peut admettre toutefois que les canalisations électriques n'ont pas encore atteint leur summum, mais chaque accroissement nouveau ne se produira que lorsqu'il répondra à de nouveaux besoins de consommation qui le rendront immédiatement productif.

Depuis 1899, le nombre des abonnés, la puissance de leur installation de force motrice et de lumière ont subi les augmentation suivantes :

	1899.	1904.
Force motrice en chevaux	2 945	14 293
Lumière, lampes de 10 bougies	50 864	189 050
Abonnés de force motrice	634	2 316
Abonnés de lumière	1 368	9 101

Un seul et nouvel abonnement pour l'éclairage de la rue du Président Carnot, de la place des Cordeliers et des abords de la place Perrache porte à 195 le nombre des lampes à arc sur la voie publique.

En outre, la Société éclaire déjà la place Bellecour, la rue de la Barre, le cours de la Guillotière, la place du Pont, le cours de la Liberté, la place Morand et le cours Morand, avec fonctionnement pour la nuit entière.

Le chiffre global de l'éclairage électrique produit par l'usine a été en 1899 de 30 121 141 hectowatts-heure, et en 1904, de 248 992 150 hectowatts-heure.

Ajoutons encore que les résultats que nous venons d'analyser ont enfin permis au Conseil de faire aux actionnaires la distribution d'une somme de 800 000 fr, sous forme d'un dividende de 16 fr bruts par action.

Voici comment se présente la situation financière de la Société :

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1904

Actif.

Compte de premier établissement :	
Terrains et canal de dérivation	26 091 249,50 fr.
Installation hydro-électrique, réseau de canalisation, etc.	16 836 405,97
Compte spécial de premier établissement (art. 41 des statuts :	
Frais de constitution et d'émission, intérêts intercalaires, profits et pertes 1899, prime de remboursement sur obligation 5 p. 100	7 519 603,12
Matériel, mobilier et outillage	362 606,65
Moteurs, compteurs et magasin	1 260 681,66
Câbles et accessoires en location	391 805,85
Fournisseurs, versements à valoir sur commandes	6 340,00
Recettes en recouvrement	641 394,30
Avances à l'enregistrement	254 764,29
Cautionnement à l'État	100 000,00
Caisse et banquiers	890 289,70
	54 335 141,04 fr.

Passif.

Capital-actions	25 000 000,00 fr.
Obligations 4 pour 100	24 999 770,00
Obligations 5 pour 100 non remboursées	12 000,00
Coupons à payer	30 945,87
Intérêts courus sur obligations	265 955,00
Fournisseurs, comptes ordinaires, garantie	486 268,05
Amortissement sur compte spécial de premier établissement	1 956 879,91
Réserve légale	57 593,95
Solde reporté à nouveau	344 285,12
Produits de 1904	1 201 443,16
	54 335 141,04 fr.

Les comptes furent approuvés par les actionnaires présents à l'Assemblée qui, de plus, adoptèrent les résolutions suivantes :

Première résolution. — L'Assemblée générale, après avoir entendu le rapport du Conseil d'administration et celui des commissaires, les approuve dans toutes leurs parties, ainsi que le bilan et les comptes de l'exercice 1904, tels qu'ils viennent d'être présentés par le Conseil et donne décharge pleine et entière aux administrateurs de leur gestion.

Deuxième résolution. — L'Assemblée générale fixe le dividende de l'exercice 1904 à 16 fr par action, qui seront payés en deux fractions égales sous déduction des impôts, le 1er juillet prochain et le 1er janvier 1906, soit à raison de 7,65 fr pour les actions nominatives et de 7,40 pour les actions au porteur, et décide que le reliquat du compte de Profits et Pertes s'élevant à 85 656,12 fr sera reporté à l'exercice en cours.

Troisième résolution. — Après avoir entendu les explications du Conseil, l'Assemblée générale, en conformité de l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867, approuve les marchés et opérations faits avec la Société ou pour son compte par MM. les administrateurs qui ont un intérêt direct ou indirect dans ces marchés ou opérations. Elle leur donne pour ceux à venir, l'autorisation voulue par la loi.

Quatrième résolution. — L'Assemblée générale nomme MM. Raabe et Rochard commissaires pour la vérification des comptes de l'exercice 1905, avec faculté pour chacun d'eux d'accomplir seul son mandat, en cas d'empêchement de son collègue, et avec les mêmes émoluments que pour l'exercice précédent.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

55 560 — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 326. 25 Juillet 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9, Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Le service militaire et les usines centrales de distribution d'énergie électrique. — A la séance du 27 juin de la Chambre syndicale du *Syndicat professionnel des usines d'électricité*, MM. F. Meyer, Bernheim et divers autres membres ont soulevé la question intéressante de savoir si, en raison de ce que la plupart des usines électriques actionnent des services publics et des services d'intérêt public, de la guerre notamment, il n'y aurait pas lieu d'attirer l'attention des autorités compétentes sur le fait qu'en cas de guerre, par suite de l'appel de la réserve et de la territoriale, les hommes, en général très jeunes, qui assurent le service électrique, devront partir dès les premiers jours, et ces usines se trouveraient arrêtées et, par suite, dans l'impossibilité de faire face aux services d'intérêt public dont elles sont chargées. Il y aurait, pour la défense nationale, un très grave risque sur lequel la Chambre Syndicale, après en avoir délibéré, est d'avis qu'il y a lieu d'appeler l'attention de qui de droit en s'adressant à la Préfecture de la Seine, pour la région de Paris, relativement aux graves circonstances pouvant résulter d'un semblable état de choses.

Il est convenu que le Secrétariat fera, auprès des diverses usines de la région de Paris, une première étude pour savoir quelle serait, au point de vue du personnel, la situation qui résulterait d'une mobilisation. La Chambre Syndicale aura ainsi en mains les premiers éléments lui permettant de fournir des renseignements utiles aux services publics intéressés, auprès desquels la question sera portée.

Nominations. — M. Gisbert Kapp, l'électricien bien connu, vient d'être nommé professeur à l'université de Birmingham; il est obligé de renoncer aux fonctions de secrétaire général de la Société électrotechnique allemande et de rédacteur en chef de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, qu'il remplissait depuis onze ans; son successeur dans ces fonctions est M. E.-C. Zehme.

Détériorations électrolytiques des conduites d'eau et de gaz en Allemagne. — Dans une récente séance de la Société électrotechnique de Karlsruhe, M. le professeur Teichmüller a donné un compte rendu des réponses des diverses usines de distribution d'eau et de gaz, à un questionnaire qui leur avait été adressé, au sujet des détériorations aux conduites causées par les distributions électriques.

De 113 villes qui ont répondu, 15, c'est-à-dire 13,3 pour 100,

ont constaté des détériorations; il y a en tout 44 cas de spécifiés en dehors d'une grande quantité de détériorations survenues à Hambourg et à Erfurt; dans deux villes (Dessau et Berlin), des détériorations électrolytiques ont été dues à des défauts dans les réseaux de lumière. Une conclusion importante que l'on doit tirer des réponses est que les dégradations ne se révèlent qu'au bout de plusieurs années. A Dresde, Königsberg, Essen, etc., il s'est écoulé de 4 à 8 ans entre la construction des lignes de tramways et la constatation des dommages.

Fourniture d'énergie aux tramways de Lyon. — La Société des tramways de Lyon, ainsi que l'annonce la revue *La Houille blanche*, a traité avec la *Société grenobloise de force et de lumière* pour la fourniture d'énergie nécessaire pour la traction électrique.

La Société grenobloise s'est assurée l'emploi de deux chutes; l'une, de 4575 poncelets, sera obtenue en ajoutant une conduite sous pression à l'usine de la Volta à Moutiers dont les travaux de dérivation de l'eau de l'Isère sont suffisants, l'autre chute sera aménagée sur la Romanche un peu au-dessus de celle de la Séchilienne, la hauteur de chute sera de 60 m et le débit dérivé de 20 m³:s, de sorte que la puissance sera d'environ 9000 poncelets sur l'arbre des récepteurs hydrauliques, puissance pouvant descendre à 4000 poncelets l'hiver. Le premier transport d'énergie de Moutiers à Lyon, sur une distance de 180 km se fera par courant continu série, système Thury, à 57 000 v.

A Moutiers l'on installera quatre turbines actionnant chacune quatre dynamos à courant continu de 3560 v et 75 A; la station réceptrice à Lyon contiendra 6 groupes de moteurs-générateurs, constitués chacun par 2 moteurs de 75 A et 3840 v actionnant une génératrice à 600 v. On avait songé à utiliser la terre comme retour, mais on y a renoncé; on a cependant décidé de mettre le milieu de la canalisation à l'usine à la terre, de sorte que l'on diminue la tension à la terre de moitié; en outre, en cas d'un défaut dans l'une des canalisations, on peut encore se servir de la moitié de l'installation en aménageant une terre à l'usine réceptrice.

Le deuxième transport d'énergie sur une distance d'environ 150 km se fera par courants triphasés. L'usine comportera au début 3 alternateurs de 1500 poncelets actionnés par des turbines Piccard-Pictet de Genève tournant à la vitesse de 375 t:m et produisant des courants triphasés à 4000 v. Deux excitatrices séparées de 100 poncelets chacune fourniront le courant d'excitation.

Cette usine, dont la construction est confiée à M. Schneider du Creusot, sera reliée en parallèle avec l'usine d'Avignonet appartenant à la même société et servira à régulariser le service du gigantesque réseau (à 25 000 v) de cette dernière usine.

L'usine du Livet. — On sait que l'usine du Livet sur la Romanche avait été construite pour la fabrication des produits chimiques et notamment du carbure de calcium, mais qu'au moment de la crise, elle s'est engagée par un traité en date du 16 octobre 1902 à fournir d'énergie la ville de Grenoble.

Certains habitants du Livet avaient cédé au premier concessionnaire de l'usine des droits de passage, etc., à la condition qu'il « s'engageait à utiliser industriellement la force motrice hydraulique qu'il retirerait du canal, dans la section du Livet entre les bornes kilométriques 35 et 38 de la route nationale n° 91 sans transport hors de cette section. »

Dès qu'ils eurent connaissance du contrat passé avec la ville de Grenoble les intéressés s'y opposèrent, mais la Société du Livet passa outre et continua les travaux. Le tribunal de Grenoble devant qui la cause fut portée donna raison aux habitants du Livet, de sorte que la Société doit, ou abandonner la fourniture d'énergie à Grenoble, ou créer une nouvelle usine; on parle de l'installation par la Société d'une usine également sur la Romanche, mais en amont de Bourg-d'Oisans.

Chauffage électrique. — Davos, localité suisse très fréquentée par les poitrinaires, tient avant toute chose à ce que l'air ne soit pas vicié; aussi les médecins du sanatorium, interrogés sur le meilleur mode de chauffage à employer, se sont-ils déclarés unanimement pour le chauffage électrique. Pour produire l'énergie électrique nécessaire, on a utilisé une chute de la rivière Landwasser, située à 17 km de Davos. La station centrale a trois groupes de 225 kilowatts et envoie du courant diphasé à 16 000 v. Le chauffage des divers locaux est obtenu au moyen de résistances émaillées. Pour le chauffage d'un volume de 64 m³ on emploie, ainsi qu'on l'avait calculé, environ 250 watts-heure par jour. Dans les cuisines on a remplacé les grilles par des transformateurs. Les frais de production se sont élevés la première année à 830 000 fr pour une consommation de 25 000 000 de kw-h; le prix de l'énergie est donc de 3,3 centimes par kw-h, ce qui n'est pas exagéré pour le chauffage. Cependant la cuisine électrique est un peu chère, mais tous les visiteurs de Davos en sont enchantés, et les médecins prétendent qu'elle fait autant de bien aux malades que la cure d'air.

Le Franklin. — On lit dans le Compte-Rendu des séances de la Société française de physique du 16 juin 1905 la Note suivante :

« M. L. Benoist, en présentant une Note récente sur les « mesures dans les applications médicales de l'électricité statique, signale l'intérêt qu'il y aurait à donner un nom à l'*unité* « *C. G. S. électrostatique de quantité d'électricité*. Il propose de « choisir pour cette unité le nom de Franklin, dénomination « qui paraît d'autant mieux justifiée que l'emploi médical de « l'électricité statique a déjà reçu le nom de *franklinisation*. »

Nous protestons avec énergie contre la proposition de M. L. Benoist. Tous les appareils médicaux étant gradués en unités pratiques dérivées du système *électromagnétique* C.G.S., il nous est impossible de comprendre l'utilité du choix de l'unité *électrostatique* qui aurait le grave inconvénient d'introduire un facteur parasite. Si le *coulomb* est trop grand pour les usages médicaux, que les médecins adoptent le micro-coulomb, et qu'ils laissent de côté l'unité électrostatique qui vaut $\frac{1}{3.10^9}$ coulomb, ou $\frac{1}{3000}$ micro-coulomb. Ce serait créer une confusion inutile et troublante que d'introduire les unités électrostatiques dans le système d'unités électromagnétiques, et nous ne saurions trop combattre un semblable *méli-mélo*.

De l'influence de la composition chimique de la tôle et de l'acier fondu sur leurs propriétés magnétiques et électriques. — MM. Gunnar-Dilner et A. Enström ont procédé à ce sujet à des recherches au laboratoire de Stockholm et obtenu les résultats suivants.

Les essais ont été exécutés avec la balance de Dubois et un magnétomètre. A cet effet on découpait dans les blocs d'acier des barrettes de 0,798 cm de diamètre (0,5 cm² de section) et de 25,4 cm de longueur; les extrémités étaient tournées en forme d'hémisphères de 0,5 cm de rayon. Pour l'essai des tôles on employa des feuilles de 35 cm de longueur et 0,707 cm de largeur, disposées de manière à ce que le paquet ait une épaisseur totale de 0,707 cm. Les résultats des mesures ont été les suivants.

Jusqu'à une teneur de 0,5 pour 100 de carbone, la force coercitive et le coefficient d'hystérésis des tôles augmentent à peu près proportionnellement à la teneur en carbone. Une teneur plus élevée en carbone fait augmenter la résistance électrique, mais n'influe pas sur l'hystérésis. Si l'échantillon contient de la silice, la force coercitive et l'hystérésis augmentent, ainsi que la résistance électrique, mais l'induction maximum n'est pas influencée. Du fer silicié ne convient donc pas pour les tôles de dynamos. Pour de l'acier fondu, la perméabilité et l'induction maximum ne sont pas influencées par

la teneur en silicium. Une addition d'aluminium fait diminuer l'hystérésis et augmenter la résistance électrique : il est vrai que, en particulier pour l'acier, l'induction maxima diminue aussi, ainsi que la perméabilité. On ne doit donc recommander l'addition d'aluminium que pour les tôles. Pour l'acier les essais ont montré qu'en additionnant simultanément du silicium et de l'aluminium, on obtient un bon résultat; on a diminution de l'hystérésis, mais l'induction et la perméabilité ne varient pas. Les essais en faisant rougir les barrettes d'acier ont montré que l'hystérésis en était diminuée. Après avoir été portés au rouge, les paquets de tôle manifestent une force coercitive et une induction de 10 pour 100 plus élevées sur les bords qu'au milieu, cela vient probablement de ce que les bords ont été plus chauds.

En ce qui concerne l'influence du mode de production, les essais ont montré qu'au point de vue des qualités magnétiques l'acier Bessemer est plus mauvais que le Siemens-Martin; l'acier préparé par le procédé basique a en outre l'avantage sur le procédé acide, car la teneur en silicium et en manganèse est moindre. Dans l'acier obtenu par la première méthode, on a constaté une perte par hystérésis plus élevée.

Mise à la terre des poteaux en bois des lignes à haute tension. — Ainsi que l'annonce l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 25 mai, on a procédé à des essais à la station centrale de Christiana.

On a placé à diverses hauteurs au-dessus du sol (1, 2, 3 m) un collier métallique autour du poteau. On a mis en communication électrique un des fils de la canalisation à haute tension avec la tige en fer des isolateurs placés à la partie supérieure des poteaux, tige qui n'est pas mise à la terre. Un autre fil de la canalisation à haute tension était mis en communication avec la tige en fer d'isolateurs placés sur une autre série de mâts et également non mises à la terre. On a alors mesuré les différences de potentiel entre les colliers et une plaque de terre placée au pied du mât. On a trouvé que la différence de potentiel pouvait atteindre 500 v par mètre courant et qu'entre le mât et la terre elle était de 350 v. On a calculé que la résistance linéaire du mât était de 30 000 ohms par mètre.

Les essais ont montré qu'il pouvait exister des différences de tension dangereuses entre le poteau et la terre quand un fil vient en contact avec un poteau non mis à la terre. On a en outre procédé à une série d'essais en arrosant les isolateurs et les mâts. La résistance des mâts ainsi que la résistance de contacts étaient diminuées, de sorte que l'intensité du courant croissait et le danger était augmenté. Afin d'éviter le danger, on a placé à 3 mètres de hauteur un anneau métallique autour du poteau, et mis cet anneau à la terre au moyen d'un fil enroulé plusieurs fois autour du poteau. Le dispositif s'est très bien comporté.

Le chemin de fer à courant alternatif simple de Vienne à Baden. — Ainsi que l'annonce l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 22 juin, la ligne de Vienne à Baden, qui fait partie du réseau de la banlieue de Vienne et qui est exploitée partie au moyen de la vapeur, partie au moyen de courant continu, va être incessamment transformée. La ligne normale à double voie a une longueur d'environ 28 km, des pentes maxima de 27,5 millièmes et des courbes de 16,5 m de rayon minimum. La ligne pénètre à l'intérieur des deux villes en utilisant les rails des tramways et cela sur une longueur de 4,3 et 2 km respectivement; ces deux tronçons sont exploités au moyen de courant continu à 550 v, qui, du côté viennois, provient de l'usine centrale de la ville et, du côté de Baden, de la centrale du chemin de fer local.

Sur la portion de voie interurbaine, c'est-à-dire sur 21 km environ, on emploiera du courant alternatif simple à 500 v. L'usine centrale, située à environ 2 km de Baden, contient deux alternateurs de 200 kw et 10 000 v et une machine à courant continu de 165 kw, 550 v, ainsi que deux transformateurs à volant constitués chacun par un moteur synchrone à courant alternatif simple de 150 kw, 10 000 v, et une dynamo à courant continu de 100 kw, 550 v; le volant pèse 11 tonnes. Le groupe comporte une batterie d'accumulateurs. Le long de la ligne sont disposés 6 transformateurs à huile de 110 K.V.A. qui abaissent la tension de 10 000 v à la valeur voulue.

Les voitures motrices sont à deux bogies et sont munies chacune de quatre moteurs série, du type Siemens-Schuckert, ayant une puissance de 36 kw pour un service d'une heure. Le couplage peut être effectué en série ou en parallèle avec intercalation de résistances, aussi bien pour le courant continu que pour le courant alternatif : pour ce dernier, il y a en outre un transformateur avec six tensions différentes, trois circuits servent pour la réduction de la tension et trois autres pour l'augmentation. La vitesse maxima est fixée à 60 km:h.

La ligne sera parcourue par des express qui auront une vitesse commerciale de 35 km-h, les trains omnibus faisant le service de banlieue auront une vitesse de 26 km-h.

Au Simplon. — La direction des chemins de fer fédéraux vient de confier à la Société pour l'industrie mécanique et électrique de Genève, les travaux relatifs à l'éclairage des gares terminus et de la gare intérieure du tunnel du Simplon. La puissance nécessaire à l'éclairage sera de 300 poncelets; on se servira probablement des installations hydrauliques créées pendant les travaux pour assurer la puissance nécessaire pour la perforation et la ventilation du tunnel.

Le record de la distance pour les lignes téléphoniques. — On est en train d'établir une ligne entre Dever-Omaha et Kansas City, et ce tronçon complètera les lignes téléphoniques allant de New York vers l'ouest et de San Francisco vers l'est, à tel point qu'on espère obtenir des communications téléphoniques directes entre New York et San Francisco, dont la distance est de 6400 km.

Projets de chemin de fer à grande vitesse Berlin-Hambourg. — Le Ministère des chemins de fer d'Allemagne a été appelé à considérer deux projets de chemins de fer à grande vitesse réunissant Berlin et Hambourg. L'un des projets prévoit l'établissement d'une seule ligne au prix de 95 750 000 fr. L'autre projet prévoit une double ligne dont le devis s'élève à 200 000 000 de fr. Dans les deux projets, les trains seraient à traction électrique, et feraient le parcours Berlin-Hambourg sans arrêt, à la vitesse d'environ 144 km par heure. D'après l'avis du Ministère des chemins de fer, la réalisation de ces projets comprendrait de très grandes difficultés techniques. Il serait difficile de leur donner la sécurité voulue, la régularité de l'exploitation serait difficilement réalisable sans la construction d'une voie de garage et d'aiguilles, et on ne pourrait en admettre qu'au prix de ralentissements considérables des trains.

Ligne électrique à câbles d'acier. — La construction des lignes à haute tension impose parfois une longueur de flèche qu'il est impossible de réaliser avec des conducteurs de cuivre. On emploie alors des câbles d'acier. Il semble bien qu'à première vue l'emploi de l'acier paraisse devoir conduire à une valeur élevée de l'inductance, et par conséquent à une chute de tension excessive. Des expériences ont été faites récemment par l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*, et le résultat établit que la chute de tension due au passage des courants alternatifs dans de pareils câbles ne dépasse pas la chute ohmique due au courant continu d'autant qu'on pourrait le croire; la différence croît avec la section du conducteur et avec l'intensité, mais pour une section et une intensité données, on peut réduire sensiblement la différence en employant un toron composé d'un grand nombre de fils de faible section.

Production du cuivre. — L'*Engineering* donne les renseignements suivants sur la production du cuivre dans le monde entier.

La production du cuivre augmente de plus en plus. En 1904 on a obtenu 613 125 tonnes au lieu de 574 740 en 1903. Plus de 50 pour 100 du cuivre provient de l'Amérique du Nord, particulièrement dans les districts suivants : Calumet et Hécla, 35 270 tonnes, Other-lake, 57 070 tonnes, Montana, 110 500 tonnes, Arizona, 81 750 tonnes et dans les autres districts 49 600 tonnes, ensemble 334 170 tonnes. La production du cuivre pourrait être beaucoup plus considérable, mais elle est limitée par l'*Amagalmated Copper* qui possède les plus riches mines. Les autres pays ont produit en 1904 :

	Tonnes.
Australie	34 160
Canada	19 185
Chili	30 110
Allemagne	21 015
Japon	34 830
Mexique	50 915
Russie	10 700
Espagne et Portugal	47 035

On a de grandes espérances relativement à la production dans l'Alaska, notamment dans le district de la Cooper River, où l'on a découvert des gisements très riches. Actuellement, la mine donnant le maximum de cuivre est celle de Ketchikan dans le sud de l'Alaska.

Chauffage à la poussière de charbon. — L'*Electrician* du 12 juin donne les renseignements sur une installation érigée à Haydock où l'on brûle de la poussière de charbon. Le menu provenant de la mine contient de 4 à 6 pour 100 d'humidité, il est alors réduit en poussière puis séché. Dans ce but on se sert d'une sorte de tambour cylindrique de 18 m de longueur et de 1,2 m de diamètre chauffé à environ 50°C et qui fait environ six tours à la minute. Le tambour est partagé en quatre compartiments et les parois portent des sortes de projections en cornière qui remuent la poussière et la dessèchent. La poussière est dirigée vers le foyer et répandue sur la grille au moyen d'un entonnoir; une brosse faisant 800 à 1000 tours par minute la répartit sur la grille. 1 kg de poussière de charbon peut vaporiser 8 litres d'eau.

L'appareil peut dessécher environ 500 tonnes de charbon par semaine, son prix est de 67 000 fr.

Les frais d'amortissement et d'exploitation s'élèvent à 53,5 centimes par tonne, les frais d'exploitation relatifs à la conduite du feu s'élèvent à 41,2 centimes, les frais de l'énergie électrique actionnant le tambour s'élèvent à 16 centimes par tonne, de sorte que l'ensemble des frais pour le chauffage est de 1,1 fr par tonne; pour un chauffage ininterrompu, l'ensemble des frais s'abaisserait à 76,8 centimes par tonne.

Traction électrique des chemins de fer suisses. — D'après le rapport du département des chemins de fer suisses, la commission d'études a terminé le plan d'organisation de ses travaux, elle a nommé provisoirement quatre sous-commissions auxquelles elle a adjoint des personnes compétentes qui seront rémunérées.

La question pratique est étudiée par la Société des ateliers d'Oerlikon qui a entrepris des essais en collaboration avec la direction des chemins de fer fédéraux. D'après une convention en date de novembre 1904, la direction remet à la Société la ligne Seebach-Wettingen pour procéder à des essais de traction à 15 000 v. L'essai comprendra deux périodes, celle de la construction, puis celle de l'exploitation. Le projet de la première partie Seebach-Affoltern (3,07 km) a été accepté et cette ligne a été reçue en novembre, et l'exploitation autorisée avec quelques restrictions.

Le chemin de fer Arth-Righi se propose d'introduire la traction électrique en plaine, sur le parcours Arth-Goldau. Il faut rappeler que l'on est en train d'exécuter les travaux pour l'emploi de la traction électrique sur la ligne de la vallée de Birsig.

Concours entre une locomotive à vapeur et une locomotive électrique. — Ainsi que le rapporte le *Street Railway Journal* du 13 mai, le 19 avril a eu lieu sur une voie de marchandises de 10 km de longueur environ du chemin de fer central de New-York et de la rivière Hudson, une course entre une locomotive à vapeur et une locomotive électrique. Le parcours présente une rampe sur les premiers trois-quarts, cette rampe varie de 0,94 à 3,2 millièmes, ensuite suit une pente un peu plus forte. La locomotive électrique pesant 200,5 tonnes recevait du courant à 650 v provenant de l'usine de la *General Electric C°* à Schenectady; le courant était amené par un troisième rail. La locomotive à vapeur pesait 342 tonnes. Un train électrique de 8 voitures, y compris la locomotive pesait 513,6 tonnes, un train de 4 voitures 407,5 tonnes. Les poids correspondants des trains à vapeur étaient 513 et 427 tonnes. Dans les deux locomotives le poids des essieux moteurs était de 64,5 tonnes.

Lors du premier essai, les deux trains de huit voitures démarrèrent ensemble, le train à vapeur prit d'abord de l'avance mais il fut rattrapé à 925 m du point de départ par le train électrique qui arriva au but avec deux longueurs de train en avance. La vitesse maximum atteinte par la locomotive à vapeur était de 80 km:h, celle du train électrique de 91,2 km:h. Le retard de la locomotive électrique au démarrage était dû à ce que les sections des conducteurs étant trop faibles, la locomotive ne démarrait que sous 325 v.

Lors du second essai, on obtint respectivement des vitesses de 85,6 et 96 km à l'heure avec des trains de huit voitures. Dans le troisième essai on utilisa des trains de six voitures; la locomotive électrique eut encore le dessus, les vitesses ont atteint respectivement 92,8 et 98,6 km à l'heure. Le quatrième essai eut lieu en faisant démarrer les locomotives tout près de la sous-station électrique afin d'éviter la chute de tension; à 450 m du point de départ le train électrique avait déjà dépassé d'une longueur de train la locomotive à vapeur. Le démarrage de la locomotive électrique était donc meilleur, on atteignait la vitesse de 80 km à l'heure en 127 secondes, tandis qu'il fallait 203 secondes à la locomotive à vapeur. En remorquant une voiture, la locomotive électrique a atteint une vitesse de 126,5 km:h et, marchant seule, une vitesse de 128,3 km:h.

La turbine à vapeur Zoelly. — Le développement de cette turbine en Allemagne sera l'œuvre d'un puissant Syndicat qui vient de se former. Il est constitué par les usines Krupp d'Essen, Maschinen Fabrik Gesellschaft de Nurenberg, l'Augsburg Nord Deutsche Lloyd, Escher Wyss et C° et Siemens Schuckert.

Il a pour but de construire la turbine Zoelly en Allemagne, pour la marine et pour tous les autres emplois de turbines. Il exploite aussi la même turbine sur le continent, sauf la France, où la construction en sera faite par la Compagnie Schneider du Creusot.

En Angleterre, un Syndicat analogue s'est formé pour l'exploitation de la turbine Zoelly, Syndicat qui comprend la Compagnie Escher Wyss, A.-G. Schiff et C°, et la Compagnie Mather et Platt Limited de Manchester.

La Société suisse Escher et Wyss et les diverses Compagnies signalées ont déjà en construction ou en service des turbines représentant une puissance de plus de 25 000 poncelets, et la première turbine du système Zoelly a déjà donné des services satisfaisants de quelques mois à la station centrale de Mulhouse.

TURBINES A VAPEUR CONTRE MOTEURS A PISTON

L'article que nous avons publié dans notre numéro du 10 juin 1905 sur les turbines à vapeur contre les moteurs à piston nous a valu une réponse que notre impartialité nous fait un devoir d'insérer. Nos lecteurs ayant ainsi sous les yeux tous les arguments fournis par les partisans et les adversaires de chacun de ces deux systèmes pourront se faire une opinion dictée par l'importance relative des qualités et des défauts que ces moteurs présentent pour chaque cas particulier d'application. (N. D. L. R.)

Dans le numéro du 10 juin 1905 de *L'Industrie Électrique* a paru sous le titre *Turbines à vapeurs contre moteurs à piston*, une note extraite de l'*Elektrotechnische Rundschau*; cette note conclut que : les turbines à vapeur ne peuvent pas lutter contre les machines à vapeur.

Il nous semble que les faits démontrent précisément le contraire et il nous a paru intéressant de résumer les points de vue auxquels il convient de se placer dans la comparaison de deux types de moteurs.

La différence de principe, de construction et de mode de fonctionnement, exige que la comparaison ne porte pas seulement sur un seul point : le prix d'achat ou la consommation de vapeur, ni même sur plusieurs, mais bien sur l'ensemble, tant des frais de première installation que d'exploitation, pour chacun des types envisagés.

Nous ne considérons ici que les groupes électrogènes composés, d'une part, d'une turbine accouplée directement à un générateur électrique, et, d'autre part, d'une machine à piston sur l'arbre de laquelle se trouve directement monté le générateur.

Installation première. — Il est exact que, dans certains cas, le prix d'un ensemble électrogène avec turbine et condenseur est plus élevé que celui d'une machine à piston commandant directement son condenseur, mais le prix d'achat de la machine n'est pas seul à considérer. D'abord le bâtiment peut être de dimensions beaucoup plus réduites. Prenons un exemple : une salle de machines comprenant trois groupes de 600 chevaux avec machine compound tandem (les moins encombrantes) nécessitera au minimum 425 m² tandis qu'une salle de turbines de même puissance n'occupera que 135 m².

A l'Usine de Porta Volta à Milan, la salle des machines à piston contient 3950 kw et occupe 1140 m², tandis que la salle des turbines contiguë, contient 5600 kw sur 508 m². A l'Ouest-Lumière, à Puteaux, la salle contient deux groupes à piston de 800 kw chacun, et dans l'emplacement réservé pour un troisième groupe, on a très commodément pu loger deux turbines d'une puissance totale de 2900 kw. A Francfort-sur-Mein on a enlevé un groupe de 500 kw pour mettre à la même place une turbo-dynamo de 3000 kw.

Les fondations sont environ le tiers de celles des groupes à piston, et sont constituées par de simples planchers en fer ou des prismes de maçonnerie, elles sont donc beaucoup moins coûteuses, à encombrement égal, que celles des machines à piston, sans compter qu'on peut les placer sur des sols peu stables où il serait absolument impossible de loger des machines à mouvement alternatif.

Du poids beaucoup moins considérable découle également une autre conséquence : les ponts-roulants de service peuvent être beaucoup moins puissants.

La pièce la plus lourde d'une turbo-dynamo ne pèse environ que le tiers de la pièce la plus lourde d'un groupe à pistons. A l'économie sur le pont-roulant lui-même, vient s'ajouter l'économie sur la maçonnerie en élévation. Pour des turbines de faible puissance on peut même se passer de dispositif spécial de démontage, en égard surtout aux visites peu fréquentes et à l'absence de réparations.

Un turbo-générateur ne nécessite ni garde-corps ni aucun des nombreux aménagements accessoires auxquels entraîne l'installation d'un groupe à pistons.

C'est à dessein que nous n'avons pas fait intervenir la facilité du montage et sa rapidité, supposant que, dans les deux cas, on compare le prix d'installation complet, c'est-à-dire la machine prête à fonctionner.

Toutes ces économies, qu'il n'est pas possible de chiffrer d'une façon générale, compensent largement l'écart qui peut exister sur le prix d'achat.

Frais d'exploitation. — On a l'habitude de ne comparer que les consommations de vapeur, en prenant pour base la consommation indiquée.

Si l'on compare deux machines à piston entre elles, on peut se contenter de l'essai au diagramme parce que les erreurs sont les mêmes dans les deux cas. Mais si l'on compare une machine à piston et une turbine, la comparaison ne doit porter que sur le résultat final, c'est-à-dire sur l'énergie utile aux bornes de la génératrice.

La consommation spécifique de vapeur en kilogrammes par kilowatt-heure C_w a pour expression :

$$C_w = \frac{C_i}{\eta_m \cdot \eta_g \cdot 0,736}$$

où C_i représente la consommation indiquée (en kg par cheval-heure).

η_m le rendement organique de la machine à vapeur;

η_g le rendement de la génératrice.

Or, pour des machines compound d'une certaine puissance ou à triple expansion, η_m varie entre 0,85 et 0,91 et η_g, en tenant compte de l'excitation, des pertes par résistances de l'air et du frottement supplémentaire dans les paliers, varie entre 0,9 et 0,92; on peut donc admettre d'une façon générale que

$$C_w = 1,7\, C_i$$

Or, malgré les chiffres quelquefois un peu fantaisistes,

garantis pour des machines à piston, la consommation en marche normale avec surchauffe à 250°-300° pour des machines de 800 à 1500 chevaux, varie entre 5 et 5,5 kg par cheval-heure indiqué, ce qui correspond à 8,5 à 9,35 kg par kilowatt-heure, chiffres supérieurs à ceux couramment obtenus avec des turbines de même puissance.

On objectera que, dans certains essais, on a trouvé des consommations de vapeur (indiquées) sensiblement inférieures, mais ce n'est qu'au cours d'essais savamment préparés, et en se plaçant dans les conditions les plus favorables. Or, dans la turbine, la simplicité des organes de distribution et de réglage rend impossible toute préparation, et les consommations relevées aux essais sont également les consommations courantes.

On a objecté que les essais de turbines sont faits par mesure de l'eau condensée, et que de ce fait les résultats sont à majorer d'une certaine quantité. Tel n'est pas le cas, et si les essais sont faits consciencieusement et en s'entourant de toutes les précautions nécessaires, on trouve pratiquement les mêmes chiffres, soit qu'on mesure l'eau vaporisée, soit qu'on mesure l'eau condensée.

On a aussi fait valoir que les consommations des turbines ne comprennent pas la puissance absorbée par le condenseur et que celle-ci est considérable, à cause de l'obligation d'avoir un vide très élevé. Ceci encore est une affirmation qui ne repose pas sur des faits exacts. Nous commencerons par dire que, dans la machine à piston, on ne peut pas pousser la détente de la vapeur aussi loin que dans la turbine, à cause des poids morts considérables à entraîner, c'est ce qui conduit à abandonner les trop multiples expansions; sans compter qu'un vide trop élevé entraîne des condensations considérables sur les parois et diminue encore l'effet utile d'une détente trop complète. Enfin, les nombreuses rentrées d'air inévitables dans la machine à piston sont encore une des causes pour lesquelles les machines à piston utilisent généralement des vides bien moins parfaits que les turbines.

En réalité, la puissance absorbée par le condenseur n'est jamais bien considérable. A Puteaux, le condenseur à mélange d'une turbine de 1100 kw en absorbe 2 pour 100 pour un vide de 90 pour 100. A Rheinfelden, le condenseur à surface d'une turbine de 1400 kw absorbe 1,7 pour 100, et le condenseur à mélange de la turbine de 3000 kw de Milan absorbe 1,3 pour 100.

Il est certain que la consommation de la turbine diminue beaucoup avec un vide très élevé, mais alors on obtient des résultats qui laissent loin derrière eux les résultats même les plus optimistes publiés sur les machines à piston.

C'est ainsi qu'à Rheinfelden, avec un vide de 96 pour 100, on a obtenu, à la charge de 1400 kw, une consommation de 6,95 kg par kilowatt-heure.

Mais on aurait tort de croire que les vides de cette nature sont indispensables au fonctionnement économique de la turbine. En effet, comme la vapeur condensée sort absolument pure de la turbine, on peut alimenter directement les générateurs avec l'eau chaude; un vide trop élevé diminue donc le bénéfice de la chaleur récupérable. Pour une installation d'une certaine importance, et lorsque l'eau dont on dispose n'est pas très pure, mais en quantité suffisante, on aura généralement intérêt à employer la condensation par surface, parce qu'on peut ainsi faire circuler entre les générateurs la turbine et le condenseur, toujours la même eau, qui est de l'eau distillée, exempte d'huile, et ne contenant pas d'air. La vapeur condensée sort du condenseur à 30° ou 35°C et peut être directement renvoyée aux chaudières, il est facile de constater qu'on économise ainsi environ 5 pour 100 de combustible.

De plus, la vaporisation des générateurs est considérablement améliorée, parce que les parois intérieures du générateur ne se couvrent ni de tartre, ni de graisse, et on sait combien la présence de ces corps diminue le rendement des chaudières. Les nettoyages sont moins fréquents et plus faciles, enfin on augmente la durée des générateurs.

Il est évident qu'on peut également envisager le cycle fermé de l'eau avec une machine à piston, mais on est alors obligé de recourir à des séparateurs d'huile, qui n'enlèvent pas toute la graisse, sont une cause de refroidissement de l'eau et nécessitent des nettoyages fréquents.

On voit donc que, même à consommation de vapeur égale, l'avantage est encore à la turbine au point de vue de la consommation du combustible, la seule vraiment intéressante dans la comparaison des frais d'exploitation.

Une autre source d'économie est le graissage. On n'a malheureusement pas de données bien complètes sur la consommation d'huile des machines à piston, et les résultats connus varient entre des limites très grandes. D'après les sources les plus autorisées, la dépense de graissage pour des machines de 1000 chevaux est de 0,125 centime par cheval-heure, soit environ 10 pour 100 de la dépense de combustible.

Or, dans une turbine de même puissance, la dépense d'huile n'est que de 0,06 centime par cheval-heure, soit 0,5 pour 100 environ de la dépense de combustible. Pour des groupes de plus grande puissance, la différence est encore plus accentuée.

A cela il faut encore ajouter l'économie de garnitures, chiffons et autres menues dépenses qui atteignent, dans une grande exploitation, un chiffre fort appréciable.

Reste la question de main-d'œuvre. Si l'on compare les multiples pièces en mouvement d'une machine à vapeur avec la construction simple de la turbine qui ne comporte, en somme, qu'un seul arbre en mouvement de rotation et des organes de distribution de peu d'importance, on comprendra qu'il faut un personnel beaucoup moins considérable pour la surveillance.

Un seul mécanicien peut conduire plusieurs turbines et leurs condenseurs, et ce même homme est suffisant pour la mise en route, qui se fait sans qu'il soit nécessaire d'amener d'abord l'arbre dans une position déter-

minée, et sans qu'on ait à ouvrir, au préalable, un nombre considérable de graisseurs.

La turbine peut marcher pendant un temps considérable sans aucun arrêt, et on a des exemples de groupes ayant fonctionné sept mois d'une façon ininterrompue.

Grâce à sa construction et à la disposition judicieuse du graissage, l'usure est pratiquement nulle, et des vérifications faites sur des turbines ayant plus de 20 000 heures de marche, ont permis de constater que ni les aubages, ni les paliers ne comportaient la moindre trace d'usure, et qu'il ne s'était pas produit la moindre augmentation dans la consommation de vapeur.

Comme, dans la turbine, rien ne peut se dérégler, une opération analogue au relevé périodique de diagrammes est absolument inutile, mais si l'on tient à contrôler la marche, rien n'est plus facile que de relever les diagrammes de la pression dans la chambre d'admission ou de vérifier la répartition des chutes de pression au moyen de manomètres intercalés aux diverses détentes, mais ce serait là, nous le répétons, une vérification bien inutile et dont on peut se passer dans la pratique.

D'ailleurs le développement si rapide des applications des turbines est une preuve certaine que l'industrie en a reconnu les multiples avantages, et si nous considérons qu'en 1900 il n'y avait, sur le continent européen, aucune turbine à vapeur en service régulier, abstraction faite des turbines de Laval à un seul disque, qui ne sont pas envisagées ici, et qu'il y a aujourd'hui plus de 300 turbines en marche représentant, en dehors des applications à la marine, une puissance de plus de 400 000 chevaux, on doit admettre qu'en dehors des avantages de construction, elle doit présenter de sérieux avantages économiques, avantages qu'on n'arrivera pas à contester par des calculs et des affirmations plus ou moins tendancieux.

X.

SUR LA CHUTE DE TENSION DUE A LA RÉSISTANCE OHMIQUE

DANS LES

COMMUTATRICES FONCTIONNANT A VIDE

ALIMENTÉES PAR LE COTÉ CONTINU

Une commutatrice à excitation séparée animée mécaniquement d'une vitesse angulaire constante produit une force électromotrice continue constante E_c entre balais et, entre deux des n bagues, une force électromotrice maxima E_{max} dont le rapport est donné par la formule :

$$\frac{E_{max}}{E_c} = \sin\frac{\pi}{n},$$

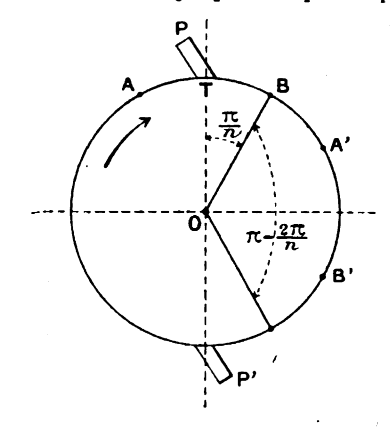
l'angle des attaches de deux bagues successives étant égal à $\frac{2\pi}{n}$.

Lorsque la commutatrice est alimentée par du courant fourni du côté continu ou alternatif, l'autre côté étant en circuit ouvert, ce rapport doit être affecté d'un coefficient de correction due à la chute ohmique de tension dans l'induit. M. W. C. *Clinton*, demonstrator au *Pender Electrical Laboratory* de *University College*, à Londres, a déterminé cette chute de tension exacte et établi les formules qui permettent de la calculer.

Nous reproduisons son étude présentée à la *Physical Society*, de Londres, le 24 mars 1905 et reproduite dans le *Philosophical Magazine* de juillet 1905.

Supposons, pour le calcul, que le courant continu soit fourni aux balais. Appelons r la résistance entre balais et i l'intensité dans une dérivation, intensité égale à la moitié de l'intensité totale dans le cas théorique d'une commutatrice à deux pôles. La chute de tension u de balai à balai aura pour valeur : $u = ri$.

Soient A et B les points de connexion de deux bagues successives sur l'enroulement du côté alternatif. La différence de potentiel entre les bagues due à la chute de tension est nulle dans la position symétrique AB; elle augmente uniformément jusqu'à ce que le point A soit



venu sous le balai en P et reste ensuite constante jusqu'à ce que B vienne sous le balai P'; elle décroît ensuite régulièrement jusqu'à zéro lorsque A est venu dans sa position symétrique, après avoir décrit un angle de π radians (180°).

Désignons par $\frac{2\pi}{n}$ l'angle de deux points d'attache de deux bagues successives (au nombre de n) et par θ l'angle que fait à un instant donné le milieu de la section AB avec la ligne OP passant par le balai.

Lorsque θ passe de 0 à $\frac{\pi}{n}$, la chute de tension entre A et B due à la résistance augmente de 0 à $\frac{2ri}{n}$, puisque AB est la $\frac{2}{n}$ partie de l'enroulement entre balais.

Cette différence de potentiel peut s'écrire pour une valeur de θ intermédiaire :

$$\frac{2ri}{n} \cdot \frac{\theta}{\frac{\pi}{n}} = \frac{2ri\theta}{\pi}.$$

Lorsque θ augmente de 0 à $\left(\pi - \frac{\pi}{n}\right)$, la chute est constante et égale à $\frac{2ri}{n}$.

Depuis $\left(\pi - \frac{\pi}{n}\right)$ jusqu'à π, la chute de tension ohmique diminue de nouveau jusqu'à zéro comme elle avait augmenté de π à $\frac{\pi}{n}$.

Pendant la seconde moitié du cycle, les chutes sont les mêmes, mais avec des polarités renversées.

Soit U la différence de potentiel constante entre balais, les valeurs des tensions instantanées entre bagues ont alors les valeurs suivantes :

$(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri\theta}{\pi}$ pour θ compris entre 0 et $\frac{\pi}{n}$,

$(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri\theta}{n}$ — $\frac{\pi}{n}$ et $\pi - \frac{\pi}{n}$,

$(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri(\pi - \theta)}{\pi}$ — $\pi - \frac{\pi}{n}$ et $\frac{\pi}{n}$.

Les valeurs éfficaces des tensions entre bagues peuvent être déterminées en introduisant les expressions ci-dessus dans les définitions des valeurs efficaces :

$$\int_0^{\frac{\pi}{n}}\left[(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri\theta}{\pi}\right]^2 d\theta =$$

$$= \left[(U - ri)^2\sin^2\frac{\pi}{2}\left(\frac{\pi}{2n} - \frac{\sin\frac{2\pi}{n}}{4}\right) + \right.$$

$$\left. + \frac{4ri(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}}{\pi}\left(\sin\frac{\pi}{n} - \frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n}\right) + \frac{4\pi^2r^2i^2}{n^3}\right]. \quad (1)$$

$$\int_{\frac{\pi}{n}}^{\pi - \frac{\pi}{n}}\left[(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\sin\theta + \frac{2ri}{n}\right]^2 d\theta =$$

$$= (U - ri)^2\sin^2\frac{\pi}{n}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n} + \frac{\sin\frac{2\pi}{n}}{2}\right) +$$

$$+ \frac{8ri(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n}}{n} + \frac{4r^2i^2}{n^2}\left(\pi - \frac{2\pi}{n}\right). \quad (2)$$

La somme des carrés pour la demi-période de $\theta = 0$ à $\theta = \pi$ est égale à deux fois l'expression (1) plus l'expression (2).

Sa valeur est :

$$(U - ri)\sin^2\frac{\pi}{n}\cdot\frac{\pi}{2} +$$

$$+ \frac{4ri(U - ri)}{n}\sin\frac{\pi}{n}\left(2\sin\frac{\pi}{n} - \frac{2\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n} + 2\cos\frac{\pi}{n}\right) +$$

$$+ \frac{8\pi^2r^2i^2 + 4r^2i^2(n - 2)\pi}{n^3}.$$

En divisant par π, en prenant la racine carrée et divisant par U, nous trouvons pour le rapport de la tension efficace entre deux bagues à la tension continue [1] :

$$\frac{1}{U}\sqrt{\frac{(U - ri)^2\sin^2\frac{\pi}{n}}{2} + \frac{8ri(U - ri)\sin\frac{\pi}{n}}{\pi n}\left(\sin\frac{\pi}{n} + \cos\frac{\pi}{n} - \frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n}\right) + \frac{4r^2i^2}{n^3}(2\pi + n - 2)}.$$

Posons $ri = \frac{U}{m}$. L'expression du rapport prend alors la forme :

$$\sqrt{\frac{(m-1)^2\sin^2\frac{\pi}{n}}{2m^2} + \frac{(m-1)\sin\frac{\pi}{n}}{\pi m^2 n}\left(\sin\frac{\pi}{n} + \cos\frac{\pi}{n} - \frac{\pi}{n}\cos\frac{\pi}{n}\right) + \frac{4}{m^2n^5}(2\pi + n - 2)}.$$

M. W. C. Clinton a calculé les valeurs exactes de ce rapport pour des valeurs de m comprises entre **10** et **500** pour des courants alternatifs simples et à 3, 4, 6 et 12 phases. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau I. — Rapport de la tension efficace entre deux bagues d'une commutatrice a la tension appliquée du coté continu pour différentes valeurs de m.

Les valeurs de m sont en caractères gras. La dernière colonne est la tension théorique sans correction correspondant à $m = \infty$.

NATURE DU COURANT.	NOMBRE DE BAGUES.	RAPPORTS EXACTS.						RAPPORTS THÉORIQUES $m = \infty$.
		10.	**20.**	**50.**	**100.**	**200.**	**500.**	
Alternatif simple. .	2	67,13	68,32	69,61	70,14	70,42	70,58	70,72
Triphasé.	3	56,70	58,71	60,18	60,69	60,95	61,10	61,24
Tétraphasé (diphasé)	4	46,04	47,87	49,11	49,55	49,75	49,91	50,00
Hexaphasé.	6	32,46	33,82	34,73	35,05	35,19	35,29	35,35
Douze phases. . . .	12	15,60	17,50	17,97	18,13	18,21	18,26	18,30

Les différences entre les valeurs exactes et les valeurs non corrigées sont indiquées dans le tableau II ci-dessous qui donne le rapport de la correction à la valeur incorrecte exprimée en centièmes.

Tableau II. — Valeurs du facteur de correction, en centièmes, en fonction de m.

NATURE DU COURANT.	NOMBRE DE BAGUES.	**10.**	**20.**	**50.**	**100.**	**200.**	**500.**
Alternatif simple . .	2	5,076	3,59	1,57	0,82	0,42	0,20
Triphasé	3	7,413	4,13	1,75	0,90	0,47	0,25
Tétraphasé (diphasé)	4	7,920	4,26	1,78	0,90	0,50	0,19
Hexaphasé	6	8,176	4,33	1,75	0,85	0,45	0,17
Douze phases	12	14,75	4,37	1,80	0,95	0,49	0,22

[1] Les trois lignes de la formule sont sous le même radical.

Il résulte de ces deux tableaux que, sur une commutatrice marchant à vide, la chute de tension due à sa résistance ohmique est pratiquement indépendante du nombre de phases si la valeur de $m = \frac{U}{ri}$ est assez grand et de l'ordre de grandeur qu'il atteint dans les bonnes commutatrices actuelles.

ROULEMENTS A BILLES

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT

M. Charles Gegauff, ingénieur à la *Société alsacienne de construction mécanique*, à Mulhouse, s'est livré, en 1903 et 1904, à une longue série d'expériences en vue de déterminer les meilleures conditions d'établissement et de fonctionnement des roulements à billes dont le développement du cycle et de l'automobile ont généralisé l'emploi pendant ces dernières années.

Nous résumerons ici les résultats obtenus par M. Gegauff et présentés à la *Société industrielle de Mulhouse*, dans sa séance du 28 décembre 1904.

La puissance absorbée par un roulement à billes est fonction du *diamètre* des billes, de la *vitesse*, de la *charge* du palier et de la *forme de la rainure* dans laquelle roulent les billes.

Dans le cas le plus avantageux, la puissance absorbée par un roulement à billes bien établi et bien proportionné peut n'être que le *trentième* de celle absorbée par un palier ordinaire constitué par un arbre en fer tournant dans des coussinets en bronze bien graissés et polis par l'usage.

Méthode d'essai. — La méthode appliquée par M. Gegauff consiste à mesurer directement la tendance qu'a le palier à tourner avec l'arbre, c'est-à-dire à mesurer le moment de rotation qu'il faut appliquer au palier rendu libre pour l'empêcher de tourner avec l'arbre.

En effet, en vertu du principe que toute réaction est égale et contraire à l'action qui la provoque, le palier exerce contre l'arbre qui tourne à son intérieur une résistance à laquelle il sert de point d'appui. Ce palier se trouve soumis à un effort égal et contraire, tendant à l'entraîner avec le mouvement de l'arbre. Donc, le moment de résistance éprouvé par l'arbre, par suite de la présence du palier, est mesuré par le moment de rotation qu'il faut appliquer au palier, rendu libre, pour l'empêcher de tourner avec l'arbre. Il suffira donc d'employer, comme palier à billes, une simple poulie folle montée sur billes, et de la placer sur l'arbre qui tourne.

Cette poulie porte de chaque côté, à son intérieur, une rangée circulaire de billes, lesquelles, d'autre part, roulen dans les rainures circulaires portées par l'arbre.

On voit sur la figure 1 la poulie folle A marchant sur billes. Pour étudier l'effet d'une charge sur le palier, on place sur la poulie folle (formant palier), une corde très flexible, ou mieux encore un ruban d'acier flexible B, extrêmement mince, et l'on accroche aux extrémités libres deux poids égaux, qui formeront alors la charge sur le palier.

On s'oppose à la rotation de la poulie folle en plaçant une petite surcharge f sur celui des poids qui veut monter.

En tâtonnant un peu, on obtient vite ainsi la surcharge f capable de maintenir le système en équilibre,

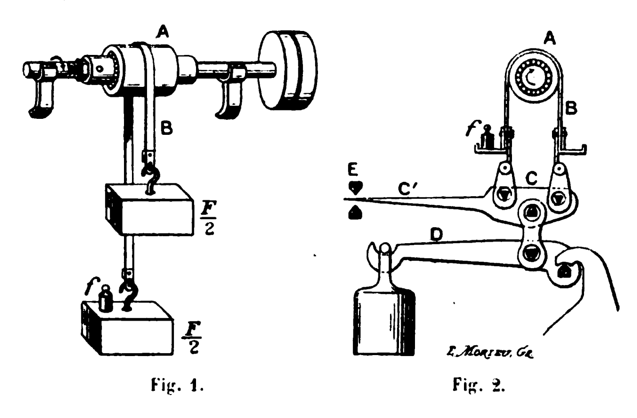


Fig. 1. Fig. 2.

c'est-à-dire les deux poids suspendus librement dans l'air, la poulie folle immobilisée.

La puissance consommée par le palier est mesurée par le moment de rotation antagoniste fR, dû à la petite surcharge f, agissant sur le rayon extérieur R de la poulie folle, c'est-à-dire en d'autres termes, que le travail, consommé par chaque tour d'arbre, sera exprimé par le produit $2\pi Rf$ (car $2\pi R$ serait le chemin parcouru par la force f, si la poulie tournait avec l'arbre).

Pour être à l'abri de toute critique, il est indispensable de toujours faire l'essai dans les deux sens de rotation, ce qui obligera à mettre la surcharge f sur le poids opposé: la moyenne arithmétique des deux charges sera la vraie valeur à admettre.

Pour l'étude des très grandes charges, par exemple de charges de 200 kg, les poids énormes de 100 kg à chaque ruban qu'il faudrait accrocher deviendraient très encombrants et pénibles à manier; aussi, pour des charges un peu fortes, on remplace les poids libres par un levier amplifiant dix fois les charges.

Afin que les tensions que reçoivent de la sorte les deux brins du ruban soient bien égales entre elles, la répartition est faite par un levier à trois couteaux C, formant fléau de balance.

On détermine donc la surcharge f à mettre sur l'un des côtés, pour maintenir le fléau de balance en équilibre, sans qu'il touche aux butoirs E, entre lesquels peut osciller librement son extrémité C' se terminant en aiguille.

En variant d'abord les charges, puis en variant, pour une même charge, les vitesses, et ensuite en refai-

sant ces séries d'essais en employant chaque fois d'autres formes de rainures, mais avec de mêmes billes, et enfin en variant dans ces séries d'essais le diamètre des billes, M. Gegauff a pu déterminer séparément l'influence de chacun de ces facteurs, ce qui lui a permis d'en formuler les lois dans leur ensemble.

Classement des roulements. — Les roulements se classent en quatre catégories qui se distinguent par la manière dont les billes travaillent et la puissance absorbée par le roulement.

1re *catégorie*. — Chaque bille ne porte qu'en *deux* points diamétralement opposés.

C'est cette première catégorie qui consomme la plus faible puissance. Les paliers de cette catégorie ne consomment, en effet, qu'environ la 30e partie de celle des meilleurs paliers à glissement (le coefficient de frottement tombe à 1,5 millième, tandis que dans les meilleurs paliers ordinaires à glissement, il est d'environ 50 millièmes).

Cette comparaison suppose toujours un diamètre d'arbre du palier ordinaire égal au diamètre intérieur du collier formé par les billes.

Le type de la figure 3 est préférable au type de la figure 3_1, bien que les deux appartiennent à la même 1re catégorie.

Dans la figure 3, les profils des deux rainures, inté-

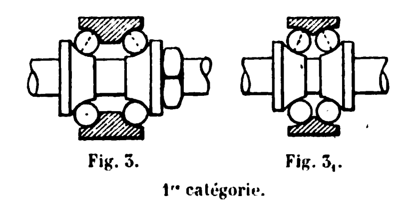


Fig. 3. Fig. 3_1.

1re catégorie.

rieure et extérieure, forment une ligne concave, quoique d'un rayon de courbure plus grand que celui des billes elles-mêmes, afin de ne toucher qu'en un point et non suivant une ligne.

Grâce à cette concavité des deux profils de rainures, les billes sont suffisamment tenues dans le sens latéral pour ne pas risquer de se mettre en quinconce, au lieu de rester les unes derrière les autres dans un même plan.

Dans la figure 3_1, il n'y a qu'une des rainures dont le profil soit concave, l'autre rainure étant à profil droit, ce qui a l'inconvénient de ne pas assez tenir les billes dans le sens latéral; celles-ci peuvent se mettre un peu en quinconce (quoique la marche soit assez bonne quand même).

L'usure peut être rattrapée en rapprochant un peu les deux bagues coniques en acier trempé qui servent de rainures intérieures aux billes. C'est dans ce but que souvent l'arbre est fileté et muni d'un écrou.

La distance entre les plans séparant les deux colliers de billes peut d'ailleurs être grande ou petite suivant les besoins de l'application sans que le rendement en soit diminué.

2e *catégorie*. — Chaque bille porte en *trois* points, c'est-à-dire s'appuie par 2 points contre une des rainures (l'extérieure ou l'intérieure, peu importe) (fig. 4 et fig. 4_1) et par le 3e point contre l'autre rainure. Le rendement est beaucoup moins favorable que dans la 1re catégorie. En effet, les paliers de cette 2e catégorie consomment

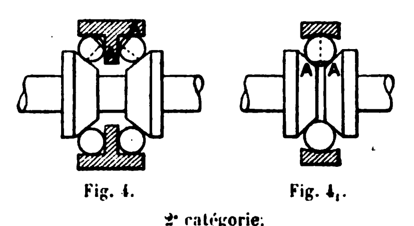


Fig. 4. Fig. 4_1.

2e catégorie.

environ le double et quelquefois le quadruple de puissance de ceux de la 1re (suivant l'angle de la rainure).

Le roulement des billes n'est plus un roulement pur et simple, comme celui d'une roue de voiture contre le sol, c'est-à-dire comme celui des billes de la 1re catégorie, c'est au contraire un roulement compliqué de glissement, c'est-à-dire que deux des trois points de contact de la bille possèdent, outre le mouvement de roulement proprement dit, un mouvement giratoire autour de leur point de contact.

Analyse du roulement et glissement d'une bille. — Pour bien nous rendre compte de ce glissement et roulement simultanés, examinons la figure 8 qui représente à une échelle très agrandie une bille reposant en 2 points contre sa rainure extérieure.

Remarquons d'abord que le point de contact d'une bille, pressée contre une surface, quelque dure même qu'elle puisse être, ne peut jamais être un point mathématique, mais sera au contraire toujours une petite surface (d'aplatissement) BB′ plus ou moins grande, suivant le degré de dureté des matériaux en contact.

Ceci étant posé, on voit sur la figure 8 les deux surfaces BB′ d'aplatissement (c'est-à-dire de contact d'une bille avec la rainure conique dans laquelle elle roule).

Par le fait qu'elle roule, la bille pivote, en tout instant infiniment petit, autour de la ligne droite AA joignant les deux points de contact, centres des deux parties aplaties de la bille. Or, pendant le pivotement de la bille autour de son axe instantané AA de roulement, toutes les molécules ou particules de celle-ci décriront évidemment des petits arcs de cercle autour de cet axe AA.

Donc, les points extrêmes B et B′ appartenant à la région aplatie du contact de la bille, décrivent aussi de pareils arcs de cercle; ces arcs seront d'ailleurs proportionnels à la distance de ces points à l'axe AA du pivotement.

Il y a donc glissement de ces points BB′ contre ceux appartenant à la rainure et se trouvant en contact avec eux.

Ce glissement est le plus grand pour les points les plus éloignés du centre de la région aplatie de la bille, tandis qu'il devient nul pour les points situés très près du

centre A, c'est-à-dire sur l'axe même du pivotement. Il y a ici, non pas roulement pur (sans aucun glissement) comme cela a lieu dans les roues de voiture, etc., mais bien roulement et glissement simultanés.

La figure 7 montre que dans les paliers de la 1[re] catégorie, il n'y a que roulement pur, sans aucun glissement.

Donc, les paliers de la 2[e] catégorie seront sujets à une usure bien plus grande que ceux de la 1[re] catégorie, et absorberont absolument bien plus de puissance.

Au bout d'un temps plus ou moins long, surtout si la charge supportée par le palier est grande, cette usure ne tardera pas à creuser la rainure, c'est-à-dire que les billes, en usant la rainure, lui donneront exactement leur propre forme (fig. 9).

La proportion de glissement devient énorme, puisque toute la ligne de contact BB¹ avec la rainure (excepté le centre A du contact) est en état de glissement.

La puissance consommée sera elle-même encore considérablement augmentée, de sorte que l'on peut dire qu'un pareil palier, usé, pourra dépenser jusqu'au triple du même palier à l'état neuf.

3[e] categorie. — Chaque bille porte en *quatre* points AA et A'A' (fig. 5). Mais ces quatre points sont disposés symétriquement sur la bille et de plus travaillent symétriquement, c'est-à-dire que les deux points AA en contact avec la rainure intérieure travaillent identiquement, ainsi que ceux A'A' en contact avec la rainure extérieure (ce qui veut dire que les deux flancs des cônes formant ensemble une rainure, possèdent une même inclinaison avec l'axe de rotation).

Cette 3[e] catégorie de paliers consomme presque le double de la catégorie précédente, c'est-à-dire environ 4

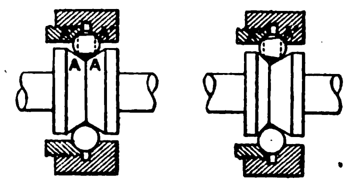


Fig. 5. — 3[e] catégorie. Fig. 6. — 4[e] catégorie.

à 8 fois plus que les paliers de la 1[re] catégorie, suivant l'angle formé par la rainure.

D'ailleurs, lorsque l'usure a légèrement creusé les rainures, la consommation peut atteindre facilement le décuple des paliers de la 1[re] catégorie, c'est-à-dire environ le tiers de celle absorbée par un palier ordinaire à glissement.

La raison de cette plus grande dépense de puissance est facile à prévoir, puisqu'ici le roulement compliqué de glissement se produit non seulement à l'une des deux rainures (comme c'est le cas dans la 2[e] catégorie), mais aux deux rainures : l'intérieure et l'extérieure, c'est-à-dire celle de l'arbre et celle fixe appartenant au palier.

Il est donc naturel que la puissance consommée dépasse celle de la 2[e] catégorie autant que cette dernière dépasse celle de la 1[re] catégorie.

4[e] catégorie. — Chaque bille porte aussi en quatre points A A et A'A' (fig. 6) comme dans la 3[e] catégorie. Mais ces points ne sont pas disposés symétriquement sur la bille, ou au moins ne travaillent pas deux à deux de façon égale. (Ce qui veut dire que les flancs de cônes formant ensemble une rainure ne sont pas inclinés symétriquement sur l'axe de rotation.)

Cette 4[e] catégorie de paliers est celle qui consomme le plus, c'est donc la plus mauvaise. Ces paliers peuvent, suivant les inclinaisons dissemblables adoptées pour les rainures (ou pour une rainure), donner lieu à une consommation de force double, quadruple, même sextuple de celle des paliers de la 3[e] catégorie, c'est-à-dire que ces

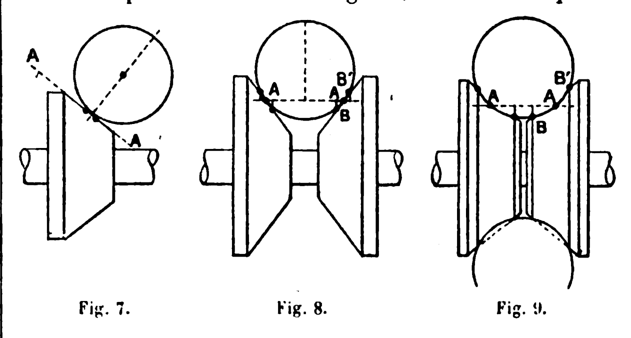


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

paliers ne présenteront alors plus guère d'avantage sur les paliers ordinaires.

Si l'on considère la figure 6, on voit, en effet, que le roulement véritable ne peut se faire qu'en trois des points de contact de la bille, tandis que le quatrième point doit glisser en plein.

En effet, en réunissant par des lignes droites les quatre points de contact AA A'A' de la bille, on obtiendra un trapèze et non un rectangle.

Les deux axes de pivotement de la bille (celui AA appartenant à l'arbre, et celui A'A' appartenant à l'anneau extérieur) ne seront plus parallèles. Donc la bille, c'est-à-dire le trapèze, en pivotant autour de sa base AA (comme axe instantané de roulement) fera décrire plus de chemin à l'un des points A' qu'à l'autre, de sorte que l'un des deux contacts A' devra être un état de glissement complet!

Influence du diamètre des billes. — Les essais sur l'influence du diamètre des billes sur la puissance consommée ont fourni des résultats inattendus. On croyait que plus on emploierait de gros diamètres pour entourer un même arbre, plus légèrement celui-ci marcherait, c'est-à-dire que l'on devait avoir tout intérêt à employer des billes aussi grosses que possible, afin d'absorber la plus faible puissance.

L'expérience a montré que le minimum de puissance consommée, pour un arbre donné, est atteint avec un certain diamètre de billes, et que, passé ce diamètre, la puissance augmentait de nouveau, aussi bien d'ailleurs, lorsque l'on augmente le diamètre des billes que lorsqu'on le diminue.

Ce fait, paradoxal en apparence, est absolument vérifié par les essais.

Pour réduire la perte au minimum, il faut observer une certaine proportion entre le diamètre des billes et celui du collier, c'est-à-dire celui de l'arbre à entourer de billes.

Cette meilleure proportion est assez bien représentée empiriquement en prenant toujours comme diamètre de billes, la septième partie du diamètre intérieur du collier et en y ajoutant 2 millimètres comme constante.

Ainsi, pour entourer de billes un arbre de 30 mm de diamètre, il faudrait adopter des billes de $\frac{30}{7}+2=6,3$ mm de diamètre.

Ces billes de 6,3 mm consommeront le minimum de puissance. Donc, par exemple, si, au lieu d'employer ces billes, on faisait usage de billes plus grosses (9,3 mm par exemple), la puissance consommée augmenterait déjà d'environ 20 pour 100.

L'auteur n'a pas encore réussi à s'expliquer la raison de cette particularité. Il est vrai que si l'on augmente le diamètre des billes, on diminue nécessairement leur nombre et l'on augmente ainsi d'une part la charge sur chaque bille ; d'autre part, le mouvement des billes deviendra moins uniforme pour différentes raisons qui seraient très longues à expliquer ici. Mais cette explication est bien imparfaite. Aussi le fait est-il surprenant; quoiqu'il soit hors de doute.

La proportion empirique indiquée pour le diamètre des billes, donne les meilleurs résultats pour les quatre catégories de paliers à billes.

Influence de la vitesse sur la puissance absorbée. — Les essais entrepris dans cette direction ont montré que, par analogie avec le frottement ordinaire, la résistance offerte par les paliers à billes, au moment du démarrage, ou bien à de très faibles vitesses voisines de zéro, est beaucoup plus grande, environ le double (et quelquefois le triple) de celle qu'ils présentent à des vitesses moyennes ou grandes.

On peut dire qu'à partir et au-dessus d'environ 40 cm:s (vitesse linéaire de l'arbre à l'endroit de l'intérieur du collier), la puissance absorbée reste la même à toutes les vitesses jusqu'aux très grandes, c'est-à-dire jusqu'à 10 mètres par seconde et au delà.

Au-dessous de la vitesse de 40 cm : s, la résistance du palier augmente de plus en plus rapidement jusqu'à atteindre enfin la valeur au démarrage, lorsque la vitesse devient infiniment petite.

La figure 10 montre les courbes ou diagrammes de puissance absorbée pour les diverses vitesses, par les différents systèmes de paliers.

Les puissances absorbées sont représentées ici par la valeur que prendrait le coefficient de frottement d'un palier à glissement ordinaire, dont le diamètre serait égal à celui D de l'intérieur du collier formé par les billes et qui consommerait la même puissance que le palier à billes considéré. La courbe supérieure 5 montre la puissance absorbée par un palier ordinaire à glissement.

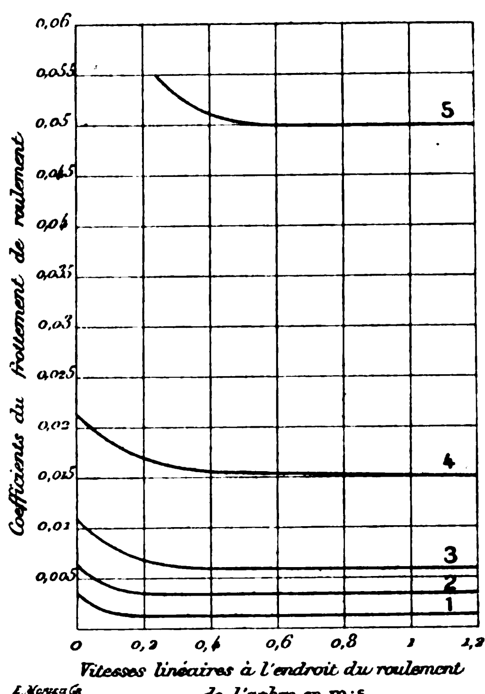


Fig. 10. — Coefficient de roulement.

1, 2, 3, 4, roulement à billes des 1re, 2e, 3e et 4e catégorie.
5, palier ordinaire sans roulement.

Les courbes 1, 2, 3, 4 celle absorbée par les paliers de la 1re, 2e, 3e et 4e catégorie.

Cas de très grandes vitesses sous faibles charges. — Dans ces cas, la force centrifuge des billes entre en ligne de compte et joue même un rôle souvent prépondérant. En effet, chaque bille possède alors une grande force centrifuge qui l'applique énergiquement contre la rainure extérieure. Cette force, agissant comme une vraie charge sur les billes, peut donner lieu à un frottement assez grand. Avec un anneau de continus, par exemple, à 10 000 tours par minute, la puissance absorbée par tour d'anneau était déjà le double de celle à 6000 tours par minute. A 14 000 tours, cette puissance devient le quadruple, et à 17 000 tours, elle atteint son maximum, qui est environ le décuple. A partir de cette vitesse, la puissance absorbée n'augmente plus, par la simple raison que les billes refusent d'aller plus vite : elles préfèrent glisser, c'est-à-dire que la puissance absorbée par le roulement atteint alors celle du glissement pur et simple, comme s'il n'y avait pas de billes. L'anneau seul ira donc plus vite encore, mais les billes ne le suivront plus et conserveront la vitesse limite qu'elles ont eue à 17 000 tours par minute d'anneau. L'anneau glissera alors contre les billes, de tout l'excès de sa vitesse sur celle des billes et une usure rapide en sera la conséquence.

L'avantage des roulements à billes finit donc par disparaître complètement à ces énormes vitesses de rotation de 17 000 tours par minute.

Disposition atténuant l'effet de la vitesse. — Il existe toutefois une disposition spéciale, ancienne d'ailleurs, permettant d'atténuer beaucoup l'effet pernicieux de la force centrifuge des billes aux grandes vitesses. Elle consiste à réduire le nombre des billes en les espaçant entre elles (fig. 11).

A cet effet on n'emploie, par exemple, que 6 billes au lieu d'une vingtaine, et, pour les maintenir également

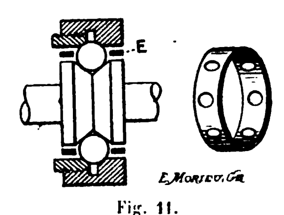


Fig. 11.

espacées entre elles, on les place dans un anneau plat très léger F (fig. 11), portant 6 trous, dans chacun desquels est introduite une bille à frottement très doux. Les 6 billes, en roulant, entraînent l'anneau qui repose sur elles et qui les maintient ainsi à leurs écartements respectifs.

L'effet de la force centrifuge des billes est très réduit, dans la même proportion que leur nombre. Il est vrai que ce cerceau finit aussi par s'user un peu avec le temps et qu'il donne lieu à un frottement qui n'est pas négligeable.

Influence de l'huile. — On a l'habitude (et avec raison d'ailleurs) de bien graisser les roulements à billes et même de les faire marcher dans l'huile.

M. Gegauff a voulu vérifier si ce graissage diminuait les pertes, c'est-à-dire si un même palier chargé, marchant d'abord complètement à sec (sans aucune trace d'huile) absorbait plus de puissance que lorsque ensuite on le laissait marcher dans l'huile.

Il a trouvé que la puissance absorbée était sensiblement la même avec ou sans huile. Ce fait peut s'expliquer sans peine, si l'on considère que le roulement pur d'une bille se fait sans aucune espèce de glissement (du moins dans les paliers de 1re catégorie). Quant à ceux des 2e et 3e catégories, il y a, il est vrai, roulement et glissement combinés; mais, comme les billes supportent des charges relativement énormes en égard de la petitesse de la surface de contact avec leur appui, l'huile se trouve littéralement expulsée du contact ainsi chargé, et tout se passe comme s'il n'y avait aucun graissage à cet endroit.

Si on emploi l'huile, c'est à cause de l'usure, due à la présence des poussières dures ou sables fins; elle est indispensable.

Sans huile, c'est-à-dire si les billes marchaient à sec, ces poussières ne tarderaient pas à s'incruster dans les rainures des roulements et provoqueraient une rapide usure de celle-ci; tandis qu'avec l'huile, ces poussières forment une pâte très glissante (cambouis), qui s'élimine d'elle-même en se disséminant dans la masse.

Influence du frottement des billes entre elles. — Le fait que l'huile ne diminue pas la puissance absorbée, permet de conclure que le frottement des billes entre elles à l'endroit où elles se touchent, est insignifiant et n'augmente pas les pertes par frottement.

En effet, si ce frottement était considérable, la marche à sec (sans huile) aurait certainement consommé bien plus de puissance que la marche avec huile, conclusion contraire aux résultats des essais.

Absence d'une bille. — S'il manque une bille au collier, c'est-à-dire que, si, par exemple, l'on enlève une bille à un collier complet formé d'une vingtaine de billes, la puissance absorbée n'augmente que peu, soit d'environ 4 pour 100, bien que le bruit de clapotement des billes soit alors très accentué déjà.

Charge limite. — Il reste à déterminer la charge maxima qui ne devrait jamais être dépassée en pratique, sous peine d'avoir une usure rapide des rainures et, par extension, du palier lui-même, et, d'autre part, de ne plus bénéficier du minimum de pertes.

Il est certain que plus la vitesse sera grande, moins on devra charger les billes, afin de ne pas accroître la rapidité de l'usure. Les essais tendent à établir que le produit de la charge (linéaire du collier) par sa vitesse, doit être considéré comme une quantité définissant assez bien la rapidité d'usure. Ce produit ne devra donc jamais dépasser un certain chiffre. Ce chiffre est 20 environ.

Formule empirique. — M. Gegauff résume les résultats de ses essais dans la formule empirique suivante :

Si on représente par F la charge totale du palier à billes en kg, par D le diamètre de l'arbre en centimètres, et par v la vitesse linéaire de la surface de l'arbre en mètres par seconde, on doit avoir :

$$\frac{F}{D} \cdot (v + 0{,}5) = 20. \qquad (1)$$

Mais $v = \frac{\pi \omega D}{6000}$, en désignant par ω la vitesse angulaire de l'arbre en tours par minute. En remplaçant dans (1), on obtient pour la charge F que peut supporter un collier de billes :

$$F = \frac{20}{\frac{\pi\omega}{6000} + \frac{0{,}5}{D}} \text{ kilogrammes.}$$

TABLEAU DES CHARGES QUE PEUT SUPPORTER 1 COLLIER A BILLES, EN FONCTION DE LA VITESSE ANGULAIRE

VITESSE ANGULAIRE DE L'ARBRE ω EN TOURS : MINUTE.	$d = 3{,}2$ mm. $D = 1$ cm.	$d = 4{,}8$ mm. $D = 2$ cm.	$d = 6{,}4$ mm. $D = 3$ cm.	$d = 9{,}5$ mm. $D = 5$ cm	$d = 12{,}7$ mm. $D = 7$ cm.	$d = 15{,}8$ mm. $D = 10$ cm.	$d = 24$ mm. $D = 15$ cm.	$d = 44{,}4$ mm. $D = 30$ cm.
0	40	80	120	200	280	400	600	1200
60	38	71	100	152	200	250	310	420
120	36	64	86	124	150	180	210	250
300	31	49	62	78	88	96	107	120
600	25	36	42	48	53	54	58	61
1200	18	23	25	28	29	29,5	30	31
2400	11,5	13	14	15	15	15,4	15,6	16
4800	6,5	7,5	7,5	7,7	7,8	7,9	7,9	8
9600	3,6	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4

Le tableau ci-dessus, dressé par M. Gegauff, donne pour différentes valeurs de ω, les diamètres du collier D et des billes d et les charges F que le collier peut supporter.

Dans ce tableau, les diamètres d des billes sont exprimées en millimètres, les diamètres D du collier de billes en centimètres, les vitesses angulaires ω en tours par minute, et les charges F en kilogrammes.

MOTEURS A COURANT CONTINU

DIFFÉRENTES APPLICATIONS, DÉMARRAGES ET FREINAGES

Les applications des moteurs électriques à la commande des machines diverses se multiplient chaque jour davantage, mais ces applications, pour rendre les services qu'on en attend, demandent à être faites judicieusement : le choix du type de moteur, le calcul de son rhéostat constituent chaque fois un problème nouveau quelquefois complexe, et, dans ce cas, on se contente le plus souvent de solutions plus ou moins approchées sans s'attarder à la recherche des théories pratiques qui sont cependant souvent utiles et intéressantes. Ce sont quelques cas que nous avons rencontrés fréquemment que nous exposerons ici.

On distingue deux cas de démarrage : en charge et à vide. A proprement parler cette dernière appellation n'est pas exacte, il y a toujours une charge représentée par les frottements et l'inertie du système à mouvoir, mais la façon dont la charge s'applique automatiquement à mesure que la vitesse croît constitue des cas très différents qu'il est intéressant d'étudier.

Demarrage en charge. — Il est d'abord utile, au moins pour la clarté de ce qui suivra, d'exposer rapidement le cas le plus commun qui est celui du démarrage en charge, et du fractionnement logique du rhéostat. On sait que pour donner au système à mouvoir l'énergie cinétique correspondant à sa vitesse de régime il est indispensable de consentir une intensité de démarrage supérieure à celle de régime et d'autant plus forte qu'il s'agit d'arriver plus rapidement à ce régime. Ainsi l'on prend I_d intensité de démarrage égale à 1,5 ou 2 et même 3 fois l'intensité de régime I_r. Au lieu de chercher de proche en proche le régime sur chaque plot du rhéostat pour déduire les valeurs successives des résistances fractionnaires, ainsi que nous l'avons souvent vu faire, ce qui constitue un calcul long et fastidieux, nous opérerons plus rapidement par suite des considérations suivantes.

Soient, dans tout ce qui va suivre :

I_d, intensité au commencement du démarrage;

I, intensité de régime traversant le moteur;

U, différence de potentiel fournie par la source;

E, force contre-électromotrice développée par le moteur;

R, résistance totale en circuit;

r, résistance intérieure du moteur entre balais;

R_1, R_2, R_3, résistances partielles en circuit sur les plots 1, 2, 3;

EI, puissance utile du moteur;

UI, puissance électrique fournie au moteur;

Ω, vitesse angulaire de régime final;

ω_1, ω_2, ω_3, vitesses intermédiaires sur chaque plot.

Ayant déterminé suivant la graduation plus ou moins lente à obtenir la valeur $\frac{I_d}{I} = m$, on obtient de suite la valeur totale de la résistance en circuit sur le 1[er] plot $R_1 = \frac{U}{I_d} = \frac{U}{mI}$. Le moteur démarre et développe une force contre-électromotrice $E_1 = U - R_1 I$; au 2[e] plot on aura $I_d = mI = \frac{U - E_1}{R_2}$ et une nouvelle accélération donnera $E_2 = U - R_2 I$ (I étant constant pour une charge constante); au 3[e] plot on aura toujours $mI = \frac{U - E_2}{R_3}$ et $E_3 = U - R_3 I$, etc.; mais si au 2[e] plot nous remplaçons E_1 par sa valeur nous obtenons $mI = \frac{U - (U - R_1 I)}{R_2} = \frac{R_1}{R_2} I$ d'où $m = \frac{R_1}{R_2}$; de même au 3[e] plot en remplaçant E_2 on trouverait $m = \frac{R_2}{R_3}$ ou d'une façon générale pour le n^e plot : $m = \frac{R_{n-1}}{R_n}$, d'où cette considération fort simple que les résistances totales en circuit doivent décroître suivant un rapport constant ou même variable m. Si m est constant, les valeurs R_1, R_2, R_3 forment une progression géométrique, il s'ensuit que $R_2 = \frac{R_1}{m}$, que $R_3 = \frac{R_1}{m \cdot m} = \frac{R_1}{m^2}$ et que la dernière valeur $R_n = \frac{R_1}{m^{n-1}}$, mais cette dernière valeur n'est autre que la résistance entre balais r, il vient donc $m^{n-1} = \frac{R_1}{R}$. Ces deux valeurs de R sont connues; si on a choisi m on aura alors déterminé le nombre de plots du rhéostat qui sera : $n - 1 = \frac{\log R_1 - \log r}{\log m}$.

Si n n'est pas un nombre entier il faudrait légèrement modifier m.

Ainsi pour un moteur de 11 kilowatts à 110 volts ayant une résistance intérieure de 0,072 ohm $I = 126$ ampères, en tolérant $I_d = 1{,}5\, I = 189$ ampères, on obtiendrait $R_1 = \frac{110}{189} = 0{,}58$ ohm,

$$n - 1 = \frac{\log 0{,}58 - \log 0{,}072}{\log 1{,}5} = 5.15$$

en adoptant 5, soit 6 plots, m devient $\sqrt[5]{\frac{0,58}{0,072}} = 1,518$ et les plots successifs seront :

1er plot : $R_1 = \frac{110}{126 . 1,518} = 0,581$

différence $= 0,198$;

2e plot : $R_2 = \frac{0,581}{1518} = 0,383$

différence $= 0,131$;

3e plot : $R_3 = \frac{0,583}{1518} = 0,252$

différence $= 0,086$;

4e plot : $R_4 = \frac{0,252}{1518} = 0,166$

différence $= 0,056$;

5e plot : $R_5 = \frac{0,166}{1518} = 0,109$

différence $= 0,057$;

6e plot : $R_6 = \frac{0,109}{1518} = 0,072$

déjà trouvé pour la résistance de l'induit.

La valeur totale du rhéostat est donc $0,581 - 0,072 = 0,509$ et les fractionnements les différences relevées ci-dessus. Si nous portons en ordonnées les intensités

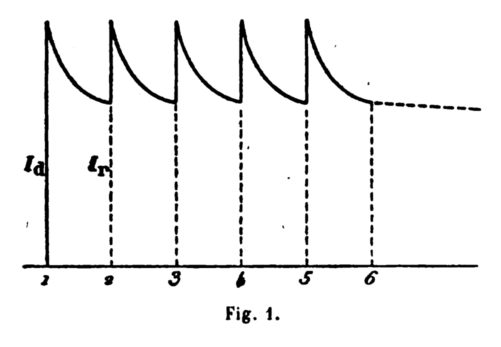


Fig. 1.

successives et en abscisses les valeurs constantes représentant le temps compris entre chaque plot nous obtiendrons la figure 1 où les sommets de la courbe sont les intensités de démarrage, les creux, les intensités de régime, ces points réunis par des courbes que nous étudierons plus loin et que nous reconnaîtrons être des logarithmiques.

Démarrage des pompes et ventilateurs centrifuges. — Au début le travail absolu se réduit aux frottements et à l'agitation du fluide environnant la turbine. A mesure que le fluide se déplace dans la tuyauterie la puissance absorbée augmente comme le cube de la vitesse de la turbine, c'est-à-dire que, pour un régime donné où la vitesse est Ω et la puissance P, on aura, toutes choses égales d'ailleurs, pour un autre régime à vitesse réduite ω et p la relation $\frac{P}{p} = \frac{\Omega^3}{\omega^3}$ d'où $p = P\frac{\omega^3}{\Omega^3}$. Remarquons de suite qu'il n'est pas logique de commander des appareils centrifuges par des moteurs en série qui prennent de suite des vitesses exagérées avant que le débit n'ait atteint son régime, ou que la pompe ne soit amorcée, ou bien que les tuyaux ne soient obstrués, etc. Nous adopterons donc un moteur shunt.

Conservons les notations précédentes pour le régime final, mais affectons de l'indice ces mêmes valeurs quand il y a une résistance additionnelle du rhéostat en circuit. On a :

$$I' = \frac{U - E'}{R}; \quad p = E'I' = P\frac{\omega^3}{\Omega^3}; \quad E' = E\frac{\omega}{\Omega}.$$

Ces quatre équations donnent successivement :

$$p = E'I' = E'\frac{U - E'}{R} = P\frac{\omega^3}{\Omega^3}$$

remplaçant E'

$$\frac{E\omega}{\Omega} \cdot \frac{U - \frac{E\omega}{\Omega}}{R} = P\frac{\omega^3}{\Omega^3} = \frac{E\omega}{\Omega}\left(\frac{U}{R} - \frac{E\omega}{R\Omega}\right)$$

multipliant par Ω_3 :

$$P\omega^3 = E\omega\Omega^2\left(\frac{U}{R} - \frac{E\omega}{\Omega R}\right) = \frac{UE\omega\Omega^2}{R} - \frac{E^2\omega\Omega^2}{R}$$

multipliant par R et divisant par $E\omega\Omega$:

$$\frac{PR}{E\Omega}\omega^2 = U\Omega - E\omega$$

qu'on peut mettre sous la forme :

$$\frac{PR}{E\Omega}\omega^2 + E\omega - U\Omega = 0$$

équation du second degré qui nous donne :

$$\omega = \frac{-E \pm \sqrt{E^2 + \frac{4UPR}{E}}}{2\frac{PR}{E\Omega}}.$$

Nous verrons que, dans les applications, cette formule se simplifie. Remarquons que la valeur sous radical sera toujours positive, attendu qu'on ne peut avoir de valeur de v négative.

Exemple. — Appliquons ces relations à un moteur shunt de 11,2 chevaux (8,25 kw) tournant à 1450 tours par minute, la tension de la source étant 75 volts, la résistance entre balais étant 0,1 ohm, on aura :

$UI = 11,2 . 736 = 8250$ watts (puissance électrique absorbée).

$U = 75$ volts.

$I = \frac{8250}{75} = 110$ ampères.

$r = 0,1$.
$E = U - rI = 75 - 0,1 \cdot 110 = 64$.
$P = EI = 64 \cdot 110 = 7040$ watts (puissance électrique utile).
$\Omega = 1450$ tours par minute.

Au 1er plot nous adopterons :

$$I_d = \frac{1}{2} I = \frac{110}{2} = 55 \text{ ampères.}$$

Résistance totale en circuit :

$$R = \frac{U}{I_d} = \frac{75}{55} = 1,36 \text{ ohm.}$$

Le moteur démarre et la vitesse qu'il atteint avec 1,36 ohm de résistance totale est donnée par l'équation de ω précédemment trouvée, mais qui se simplifie beaucoup en effectuant les calculs :

$$\omega = \frac{-64 + \sqrt{64^2 + 4 \frac{75 \cdot 7040}{64} R}}{2 \frac{7040}{64 \cdot 1450} R} = \frac{-64 + \sqrt{4096 + 33\,000 R}}{0,152\, R}$$

d'où pour $R = 1,36$

$$\omega_1 = \frac{-64 + \sqrt{4096 + 44\,880}}{0,207} = 760 \text{ tours par minute,}$$

d'où :

$$E' = \frac{64 \cdot 760}{1450} = 31 \text{ volts,}$$

d'où :

$$I' = \frac{75 - 31}{1,36} = 32,5 \text{ ampères.}$$

Pour les plots suivants nous tolérerons :

$$I_d = 1,5 I = 110 \cdot 1,5 = 165 \text{ ampères}$$

au 2e plot on aura donc :

$$165 = \frac{75 - 31}{R_2} \quad \text{d'où} \quad R_2 = \frac{44}{165} = 0,266 \text{ ohm}$$

le nouveau régime avec cette résistance donnera :

$$\omega_2 = \frac{-64 + \sqrt{4096 + (33\,000 \cdot 0,266)}}{0,152 \cdot 0,266} = 1250 \text{ t:m,}$$

d'où :

$$E_2 = 64 \frac{1250}{1450} = 54 \text{ volts}$$

$$I_2 = \frac{75 - 54}{0,266} = 75 \text{ ampères.}$$

Le 3e plot donnera :

$$R_3 = \frac{21}{165} = 0,121$$

$$\omega_3 = \frac{-64 + \sqrt{4096 + (33\,000 \cdot 0,121)}}{0,152 \cdot 0,121} = 1410 \text{ t:m}$$

$$E_3 = 64 \frac{1410}{1450} = 62,5$$

$$I_3 = \frac{62,5}{0,121} = 105 \text{ ampères.}$$

Le 4e plot ne comportera plus que la résistance de l'induit et l'on aura :

$$I_4 = \frac{75 - 62,5}{0,1} = 125 \text{ ampères}$$

une nouvelle résolution des valeurs de ω, E et I donnerait le régime sans rhéostat et l'on retrouverait comme vérification les valeurs que nous connaissons déjà :

$\omega = 1450$ t:m; $P = 64$ volts; $I = 110$ ampères.

Il suffira de prendre la différence entre les valeurs successives de R pour obtenir la valeur des fractions du rhéostat.

(*A suivre.*) ÉMILE DUBOIS.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

L'isolement des moteurs de tramways. — M. Downes, des États-Unis, a dernièrement présenté le résultat de ses investigations sur ce sujet dans une réunion récente du *New England Street Railway Club*. Quoique dans la pratique actuelle on sache bien que les moteurs à courant continu de nos tramways ont été l'objet de sérieux perfectionnements, on comprend cependant que dans beaucoup de cas il y a place pour de nombreuses améliorations encore en supprimant par exemple toute espèce de matériel combustible entrant dans l'isolement des bobines. Selon M. Downes, le problème consiste à réaliser un isolement capable de supporter une température de 400 à 500° C. qui ne soit pas affecté par une immersion prolongée dans l'eau ou dans de l'eau mélangée à du sel. Le mica n'est pas applicable parce qu'il manque de souplesse. Il faut imprégner l'amiante avec une composition pour le mettre à l'épreuve de l'humidité avant de pouvoir l'employer.

Des essais en vue de la construction de bobines inductrices avec la fibre d'amiante agglomérée à divers composés soumis aux températures connues pendant des périodes données, ont montré qu'un papier à amiante de bonne qualité, bien saturé de gomme laque à chaud, donne une protection excellente pour combattre la chaleur et l'eau. Depuis que la gomme laque est remplacée par l'huile de lin plus économique, on a remarqué qu'il y avait la même objection à faire contre son emploi que pour tous les composés qui contiennent de l'huile végé-

tale. On sait que ces corps présentent une disposition spéciale à se décomposer quand on les soumet liquides à l'action du courant avec formation conséquente d'acides libres organiques qui attaquent le cuivre des enroulements. Il se forme alors des sels de cuivre suffisamment conducteurs pour détruire l'isolement entre spires. Ainsi il faut que l'enduit isolant de la bobine soit formé de deux parties; une enveloppe intérieure imprégnée d'hydrocarbure ou de pétrole qui ne sont pas électrolysables, sans posséder les qualités de la laque pour résister à l'humidité, et une enveloppe extérieure qui peut être imprégnée de laque ou d'émail à la cuisson. On a trouvé désirable d'éliminer dans la construction de la bobine toute substance qui se décomposerait au-dessous de 500° C. On a employé pour recouvrir les bobines du ruban d'amiante au lieu de ruban de coton. On a employé du mica et du papier d'amiante au lieu de carton pour maintenir les bobines en place et du fil d'amiante pour lier les extrémités des spires entre elles, supprimant ainsi tout matériel qui serait détruit par la chaleur comme il arrivait jusqu'à maintenant.

On a fait des expériences comparatives avec des bobines isolées avec du coton et du papier d'amiante. On les a chauffées en les faisant traverser par un courant, et on a mesuré la température qui en est résultée par l'augmentation de la résistance du fil.

Les bobines ont été enfermées dans des enveloppes dont on a graduellement augmenté la température des deux bobines jusqu'à ce que celle couverte de coton arrive à 390° C et celle couverte d'amiante à 450° ou même plus. A la fin de l'essai, on a plongé les deux bobines dans l'eau — celle couverte de coton se désagrégea tout de suite, mais celle en amiante ne fut pas altérée du tout.

Des bobines ont été isolées avec succès de la même manière, mais, à cause du peu de place dont on dispose, il a été nécessaire de réduire l'épaisseur de l'isolant. On a employé trois bandes de papier et une bande de ruban d'amiante. Cette isolation n'était pas prévue pour une température supérieure à 500°.

La téléphonie sans fil. — Il paraîtrait que M. Johnson, de l'Australie, aurait trouvé un système secret de téléphonie sans fil.

En principe, on utilise un ensemble de lames en acier accordées à l'unisson ou à l'octave de la voix de la personne qui parle. Il est nécessaire de préparer un jeu spécial pour chaque personne, car les voix humaines varient beaucoup comme hauteur de son.

Une personne envoyant un message le parle devant un microphone à la manière ordinaire. Le microphone est placé en circuit avec une puissante bobine Ruhmkorff, et sans l'aide d'un fil de transmission, les vibrations sont reproduites au poste récepteur.

M. Johnson dit que cette méthode de téléphonie a été essayée avec succès à travers un espace de 0,8 km. A l'aide d'une petite modification de la même invention, M. Johnson dit qu'il peut assurer la sécurité de transmission des télégrammes sans fils,

On emploie des lames d'acier accordées et une sonnerie qui ne fonctionne que lorsque un message part du vrai poste transmetteur.

Le chemin de fer électrique souterrain. — Si les locomotives pouvaient sourire, les anciennes locomotives du chemin de fer souterrain auraient bien ri samedi dernier.

Après plusieurs années de préparation, la mise en marche électrique devait être inaugurée avec triomphe, et les anciennes locomotives à vapeur avaient été réléguées dans des hangars, mais, en moins de deux heures, les trains électriques ne pouvaient plus fonctionner, et il fallait aller chercher leurs ancêtres, celles à vapeur, pour venir à leur secours.

Voici ce qui s'était passé : les sabots de prise de courant attachés aux wagons et s'appuyant le long du rail conducteur pour recueillir le courant et pour le transmettre aux moteurs, ont appuyé trop sur le rail, qui se déplaça, en sorte que le courant fut interrompu et tous les trains électriques furent arrêtés.

Un autre accident résulta de l'inondation d'une partie de la ligne par la grande pluie qu'il fit ce jour là.

Ce fut en somme un jour bien désastreux pour ce chemin de fer, et, pour comble de malheur, un incendie qui se déclara sur un des trains, fut le bouquet de la fête. Une chaîne étant tombée sur le rail électrique, un torrent d'étincelles se produisit qui mit le feu au bois d'un des wagons. Mais, grâce au sang-froid des voyageurs, il n'y a pas eu d'accident de personne. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 26 juin 1905.

Appareil de télémécanique sans fil de ligne. — Note de M. Édouard Branly, présentée par M. A. de Lapparent. — Dans mon appareil de démonstration de distribution et de contrôle des actions produites à distance par les ondes électriques (1), l'axe isolant sur lequel sont montés les disques interrupteurs était entraîné par un mécanisme d'horlogerie. Il a été avantageux de substituer à ce mécanisme un petit moteur électrique muni d'engrenages qui réduisent sa vitesse sur l'axe à un tour par minute. Le moteur est relié aux organes de la cage métallique de telle sorte que son mouvement peut être déterminé à tout instant par une étincelle du poste transmetteur; on ne le laisse ensuite tourner que pendant le temps nécessaire aux actions à réaliser par les étincelles

(1) *Comptes rendus*, 20 mars 1905.

de la station de transmission; son arrêt est lui-même produit par une étincelle de cette station dans l'intervalle où un disque spécial qui lui est attribué presse sur une tige à ressort. L'arrêt du moteur est ainsi un phénomène à effectuer au même titre que les autres phénomènes commandés par l'axe distributeur.

Pour donner une idée précise des manœuvres effectuées par la station de transmission et de la façon dont se comporte la station de réception, je décrirai une expérience réelle exécutée en trois temps, ces trois temps étant désignés par des heures fictives.

Mise en marche. — 8 *heures du soir*. — A la station de transmission on lance une étincelle. Le moteur qui commande l'axe distributeur se met à tourner à la station de réception. Pendant la rotation de l'axe distributeur, les étincelles du télégraphe automatique s'inscrivent au récepteur Morse de la station de transmission. Dans les intervalles convenables, reconnus sur la bande à dépêches, on lance de la station de transmission des étincelles qui déclanchent successivement à la station de réception les différents phénomènes. On laisse persister ces phénomènes. Dès lors, les signaux primitifs du télégraphe automatique arrivent à la station de transmission précédés des signaux de contrôle. Quand tout est bien établi, ce qui n'a exigé que quelques minutes, par une étincelle de la station de transmission lancée dans l'intervalle qui appartient au moteur, on arrête le moteur.

Vérification. — *Minuit*. — On veut s'assurer du bon fonctionnement des appareils de la station de réception. Par une étincelle de la station de transmission, on met en marche le moteur qui commande l'axe distributeur à la station de réception. Les signaux du télégraphe automatique s'inscrivent alors à la station de transmission, précédés des signaux de contrôle; ces derniers indiquent que les phénomènes ont persisté et persistent encore à la station de réception. La vérification étant ainsi faite, on arrête le moteur par une étincelle de la station de transmission.

Arrêt. — 4 *heures du matin*. — Par une étincelle de la station de transmission, on met en marche à la station de réception le moteur qui commande l'axe distributeur. Après avoir reconnu, par les signaux de contrôle, que les phénomènes persistaient, on les arrête successivement dans l'ordre qui convient, puis on arrête le moteur par une dernière étincelle lancée de la station de transmission.

Si, à un certain moment, des étincelles étrangères imprévues viennent à mettre en marche à la station de réception le moteur et l'axe distributeur, une sonnerie actionnée à la station de transmission dès la première étincelle du télégraphe automatique prévient l'employé de la station de transmission; il se met alors en mesure de suivre immédiatement les indications de la bande à dépêches et de réparer, s'il y a lieu, les effets produits sous ses yeux par les étincelles étrangères (¹).

Sur le pouvoir inducteur spécifique des métaux. — Note de M. André Broca, présentée par M. H. Becquerel. (Voy. les *Comptes rendus*.)

(¹) Un mécanisme spécial, actuellement en construction, préservera le moteur d'un départ par des étincelles fortuites. Le fonctionnement des appareils de travail sera, par cela même, garanti.

Sur les phénomènes de l'arc chantant. — Note de M. A. Blondel, présentée par M. Mascart (¹). — J'ai reconnu, par l'analyse d'un grand nombre de courbes oscillographiques (²), qu'avec des électrodes en charbon homogène on peut obtenir des types extrêmes très différents d'arcs chantants, l'un continu, l'autre discontinu, dont les courbes sont bien caractérisées respectivement par les clichés nos 52 et 21 ci-joints, obtenus tous les deux avec la tension d'alimentation ordinaire voisine de 120 volts et une faible self-induction dans le circuit d'oscillation.

Le *premier type*, figure n° 52, auquel correspond un son *musical* assez pur, se présente seulement si l'écart entre les charbons est plutôt fort et au moins de l'ordre de celui d'un bon arc industriel (3,5 mm à 4 mm ou davantage) et le plus facilement quand le circuit d'alimentation ABDF ne contient

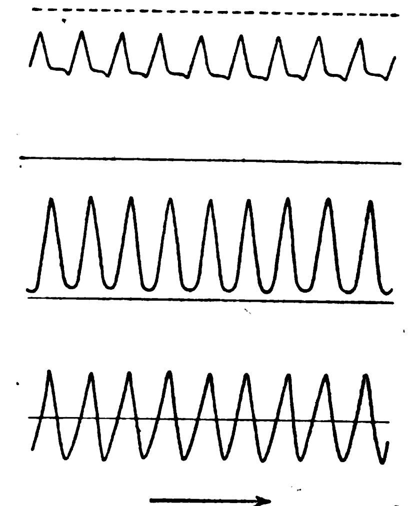


Fig. 1. — Cliché oscillographique n° 52 : écart, 4 mm; intensité moyenne du courant d'alimentation (126 volts), 2,2 ampères (self, $L = 0$); $C = 16$ microfarads et $l = 0,00345$ henry; fréquence mesurée, 540. — Courbe supérieure : tension entre les bornes de l'arc (échelle 0,17 mm par volt, horizontale supérieure représentant la tension de la source). — Courbe intermédiaire : courant dans l'arc (échelle 3 mm par ampère). — Courbe inférieure : courant du condensateur (échelle 3 mm par ampère).

qu'une résistance morte ou faiblement inductive et que le courant n'est pas trop voisin du courant limite de stabilité.

Le *deuxième type*, figure n° 21, auquel correspond un son plus *strident* ou *sifflant*, s'obtient quand l'arc est court par rapport à la tension employée (par exemple, 0,5 mm à 1,5 mm à la tension de 110, 120 volts), et surtout facilement quand on ajoute de la self-induction dans le circuit d'alimentation. Mais on obtient, même sans la self-induction, des courbes analogues (courbes 40 et 41), si les autres conditions sont remplies. Le phénomène se ramène d'ailleurs au cas de la décharge fractionnée découvert autrefois par Gaugain, en supprimant dans le montage précédent la self-induction l du circuit dérivé.

Ces phénomènes peuvent s'expliquer aisément par les propriétés de l'arc entre charbons homogènes, au point de vue de la stabilité. Soit BcA (fig. 5) la courbe théorique de stabilité d'un

(¹) Note présentée à la séance du 13 juin 1095.

(²) J'ai fait construire dans ce but, en 1902, par MM. Dobkevitch et Nagel, un oscillographe triple bifilaire (d'après le principe que j'ai exposé à l'Académie, en mars 1893). J'ai été assisté pour l'exécution des expériences (effectuées de janvier à avril 1905), par MM. Boutin et Bethenod, ingénieurs électriciens, qui m'ont prêté le concours le plus efficace.



arc (loi de variation de la différence de potentiel) quand on diminue son courant en augmentant la résistance d'alimentation au delà de la valeur normale (correspondant à la droite d'alimentation DM_1). Par suite du phénomène bien connu

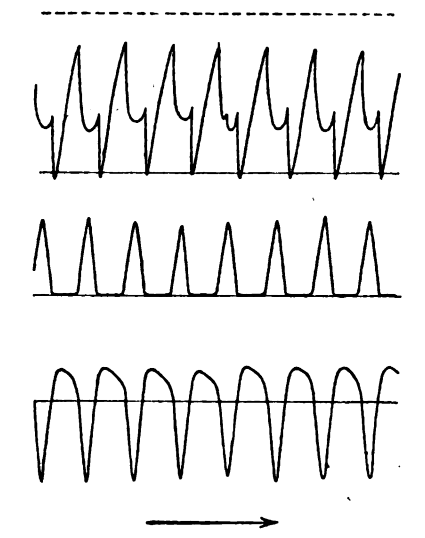


Fig. 2. — Cliché oscillographique n° 21 : écart, 1,3 mm ; intensité moyenne, 1,4 ampère (L = 0,290) ; C = 16 microfarads et $l = 0{,}0034$ henry ; fréquence mesurée, 457.

(voir Mme H. Ayrton, *The Electric Arc*) des retards de régime dus à l'échauffement et au refroidissement des électrodes, quand on fait varier l'intensité entre deux limites I'_1 et I''_1, le point de régime M_1 décrit, non pas à proprement parler une petite droite, mais un petit cycle *anbqa*. Une semblable variation n'est pas possible sans condensateur, car la variation de courant d'alimentation correspondant aux deux tensions extrêmes et obtenue en menant les deux horizontales *am*, *bp* jusqu'à leur rencontre avec la droite DM_1 est limitée entre les

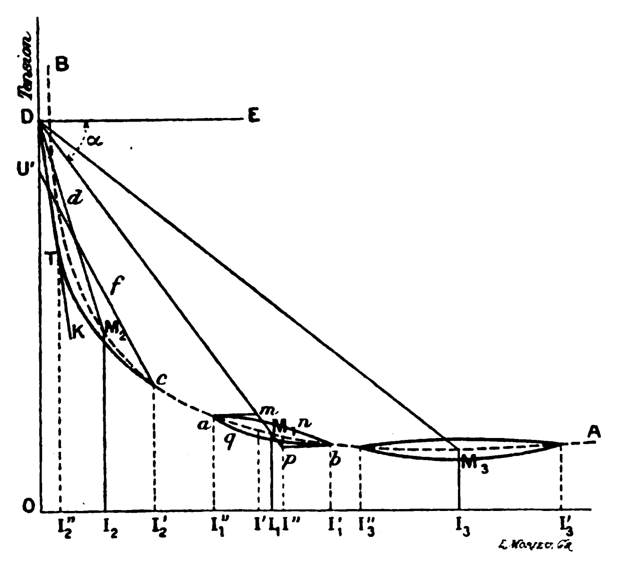


Fig. 3. — Schéma expliquant les phénomènes.

deux abscisses I'I''. Pour que l'oscillation soit possible, il faut donc que le courant échangé entre l'arc et le condensateur comble la différence entre $\overline{I''_1 I'_1}$ et $\overline{I'I''}$; l'expérience du régime du premier type, l'arc musical, correspond précisément à ce cas.

Le courant d'alimentation peut même subir une oscillation encore bien plus faible ; quand le circuit d'alimentation est un peu inductif, une partie du courant d'alimentation sert à compenser les pertes d'énergie par effet Joule ou autre dans le circuit oscillant, grâce au fait que la branche de charge *anb* du cycle est au-dessus de la branche de décharge *bqa* ; le condensateur reçoit ainsi plus d'énergie qu'il n'a à en restituer. L'amplitude de l'oscillation *ab* s'établit d'elle-même, de façon que l'aire de la boucle égale l'énergie perdue dans le circuit d'oscillation. L'ionisation des gaz chauds quand l'écart est grand empêche d'ailleurs les extinctions brusques, de même que dans l'arc alternatif.

Le second type (régime sifflant) correspond au cas où le régime moyen, M_2 par exemple, devient voisin de la limite de stabilité. Soit *c*KT la partie du cycle décrite pendant que l'intensité diminue à partir d'un maximum I'_2 ; au point de tangence T de la droite DT qui limite la stabilité, l'arc s'éteint et la tension remonte jusqu'à ce qu'elle atteigne une certaine valeur U' (par exemple) nécessaire pour le rallumage et qui varie suivant l'écart, les charbons, la durée du refroidissement, etc. ; le cycle se rétablit alors par un parcours descendant *dfc*, et ainsi de suite. Ainsi s'expliquent les discontinuités de l'arc sifflant. Plus la force électromotrice d'alimentation E est élevée, plus ce régime est facile à maintenir, même avec une intensité plus faible de courant, parce que le rallumage se fait plus facilement par l'ionisation de la cathode. La même figure montre que si l'on augmente le courant à l'excès et, par exemple, au régime M_3, comme la courbe de stabilité tend à devenir horizontale, voire même à remonter (sauf dans le cas plus complexe de sifflement par excès de densité de courant), il n'est alors plus possible d'obtenir la charge du condensateur pendant une diminution du courant dans l'arc et par conséquent l'arc cesse de chanter, ce qui est bien conforme à l'expérience.

Appareil et méthode de mesure des coefficients d'aimantation. — Note de M. Georges Meslin, présentée par M. Mascart. — L'appareil que j'emploie pour la mesure des coefficients d'aimantation est constitué par l'association d'une balance de torsion et d'un électro-aimant ; mais ce qui caractérise la méthode, c'est que, d'une part, les deux bobines, munies de pièces polaires convenables, ne sont jamais excitées simultanément, mais toujours l'une après l'autre et tout spécialement pour fixer la position du corps en expérience ; d'autre part, une étude méthodique du champ permet de connaître l'action exercée en chaque point sans qu'il soit nécessaire d'équilibrer cette action par une torsion convenable pour ramener le corps à sa position initiale ; on évite ainsi d'intervenir en déplaçant le limbe gradué dont les balances de torsion sont munies généralement à la partie supérieure ; en dehors de ce fait que le tambour en question ne permet pas d'évaluer les angles d'une façon très précise, on produit toujours, en le déplaçant, un ébranlement nuisible à l'exactitude des mesures.

Il est évidemment beaucoup plus précis de mesurer la torsion par la déviation elle-même, qu'on observe par un procédé amplificateur, mais cette méthode ne peut être utilisée que si l'on connaît l'action exercée aux différents points du champ où le corps s'arrêtera, car cette action est variable en raison de la non-uniformité du champ qui est précisément la cause du phénomène observé. L'étude de cette action, qui est une fonction du champ, m'a amené à reconnaître l'existence d'une région où sa variation linéaire simplifie très heureusement les mesures et

permet une comparaison rapide des coefficients d'aimantation.

C'est d'ailleurs en cherchant à supprimer toute cause d'ébranlement que j'ai été amené à modifier le dispositif de MM. Curie et Chéneveau; dans l'appareil imaginé par ces physiciens, on observe l'action successivement exercée dans un sens, puis dans un autre, par le champ magnétique d'un aimant en fer à cheval qu'on transporte en faisant balayer par les lignes de force l'espace où se trouve le corps étudié; ces lignes de force sont perpendiculaires au déplacement de l'aimant et la partie non uniforme du champ exerce une action généralement perpendiculaire au champ; l'aimant est entraîné par une glissière actionnée par une manivelle sur laquelle l'opérateur *agit pendant qu'il observe* le déplacement du corps à l'aide d'un microscope et d'un micromètre; quelle que soit la régularité de ce mouvement, il est bien difficile de le réaliser sans produire de légers ébranlements qui varient à chaque demi-tour de la manivelle dont la vitesse doit d'ailleurs changer avec l'amortissement obtenu pour la partie mobile; d'autre part, le transport de l'aimant d'un côté à l'autre de l'appareil entraîne une dissymétrie qui limite la précision des mesures.

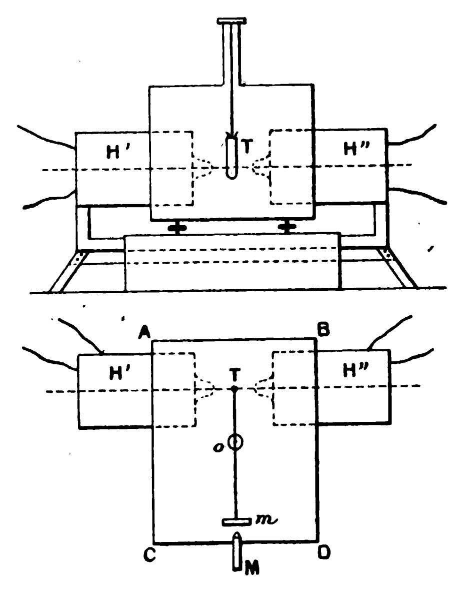
Pour éviter ces inconvénients, j'ai voulu réaliser la production du champ sans mouvement appréciable à l'aide d'un interrupteur indépendant de l'appareil, en créant d'ailleurs un champ non uniforme dont la décroissance soit assez rapide pour entraîner une action énergique, puisque la partie uniforme n'est pas directement utilisée.

Ainsi donc, tandis que dans l'appareil de MM. Curie et Chéneveau l'action efficace est perpendiculaire au champ et peut être représentée par $kmHy\frac{dHy}{dx}$, dans le dispositif que j'ai utilisé, la force effective est dirigée *comme le champ* et a pour valeur $kmHy\frac{dHy}{dy}$ ou $kmH\frac{dH}{dy}$ dans la partie axiale. Pour obtenir ce résultat, l'appareil était constitué de la façon suivante (fig. 1) : ABCD représente la cage vitrée d'une balance de torsion dont le fil projeté en O porte une longue aiguille soutenant à l'une de ses extrémités un micromètre *m* visé par un microscope M et à l'autre extrémité un tube T contenant le corps que l'on étudie; les vitres de la cage sont percées d'ouvertures circulaires qui laissent pénétrer les bobines H' et H'' munies de pièces polaires convenables entre lesquelles se trouve la partie inférieure du tube T; un commutateur permet d'envoyer le courant dans l'une ou l'autre des bobines. Si le corps placé dans la partie médiane est diamagnétique, il est alors repoussé par la bobine excitée et vient prendre aussitôt, grâce à un amortissement convenable, une position d'équilibre qu'on observe au microscope; le déplacement est d'ailleurs indépendant du sens du courant excitateur et un inverseur permet de se mettre en garde contre les effets du magnétisme rémanent.

La position initiale étant indiquée par la division *n* du micromètre, on excite successivement l'une et l'autre des deux bobines, les numéros visés deviennent *n'* dans le premier cas et *n''* dans le second; posons

$$n - n' = \alpha' \quad \text{et} \quad n'' - n = \alpha''.$$

Pour que l'expérience sur un second corps donne des résultats qu'on puisse comparer aux précédents, il faudrait être certain de l'identité des positions finales pour les deux corps; nous verrons d'autre part qu'il suffit d'être fixé sur l'identité des positions initiales; c'est à quoi sert alors la seconde bobine; on remarque, en effet, que, si la division *n* correspondait rigoureusement au point médian des deux bobines, les deux déviations seraient exactement symétriques et α' serait égal à α''; si α' est supérieur à α'', on sera ainsi averti que la position initiale du corps était plus rapprochée de H' que de H''; on tordra alors légèrement le tambour supérieur, mais cette torsion sera exercée *avant* l'opération et l'on procédera ainsi à des déterminations successives en prenant comme points de départ les différentes divisions du micromètre; pour chacune de ces positions, on déterminera la déviation produite par la bobine de gauche et celle provenant de la bobine de droite; on construira les deux courbes qui représentent ces actions en fonction de la division initiale du micromètre; ces deux courbes, l'une ascendante, l'autre descendante, se coupent en un point qui indique la position médiane initiale déterminée d'ailleurs par la symétrie de ces deux courbes.



J'indiquerai plus tard une propriété de ces courbes qui permet de les transformer simplement pour en déduire le coefficient d'aimantation.

Séance du 3 juillet 1905.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre à la place devenue vacante, dans la section de Physique, par le décès de M. *A. Potier*.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 51 :

M. P. Curie obtient 29 suffrages.

M. Gernez obtient 22 suffrages.

M. P. Curie, ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

Sur le pouvoir inducteur spécifique des métaux dans le cas des ondes calorifiques et lumineuses.

— Note de M. André Broca, présentée par M. H. Poincaré. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Appareil de mesure des facteurs pénétration et quantité de rayons X, et totalisateur radiophotométrique. — Note de M. G. Contremoulins, présentée par M. G. Lippmann. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Propriétés magnéto-optiques du fer ionoplastique. — Note de MM. L. Houllevigue et H. Passa, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 10 juillet 1905

Mesure de coefficients d'aimantation et étude du champ magnétique. — Note de M. Georges Meslin, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus.*)

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 5 juillet 1905.

La séance est ouverte à 8h 45m sous la présidence de M. Bouty, président. Après l'expédition des affaires courantes et le vote par acclamation d'un témoignage de satisfaction à la suite de la nomination de M. Curie, membre de la Société, à l'Académie des sciences, l'ordre du jour appelle la communication de M. Sarrat sur la **Discussion sur les conditions les plus favorables pour le transport de l'énergie.**

M. Sarrat absent est remplacé par M. Grosselin qui rappelle qu'il y a un an M. Swyngedauv a présenté sur ce sujet une intéressante communication à la Société des électriciens. M. Sarrat de Bruxelles ne partage pas la manière de voir de M. Swyngedauv, aussi a-t-il chargé M. Grosselin de présenter quelques observations sur ce sujet. M. Swyngedauv s'était demandé si la formule de Thomson était d'une application générale, il l'a reprise et a établi son calcul en tenant compte du prix de vente de l'énergie, ce dont ne tient pas compte la règle de lord Kelvin.

M. Swyngedauv substitue au régime de l'usine un régime fictif, il applique le même système à l'énergie perdue.

A ce sujet M. Sarrat fait deux objections : d'abord on n'a pas le droit, d'après lui, de substituer au régime de l'usine un régime fictif, ensuite il n'est pas juste de compter l'énergie dégradée dans la canalisation au prix de vente. Il se demande ensuite si on ne pourrait pas poser le problème de Thomson dans des conditions un peu différentes, il arrive cependant à la conclusion que la règle de Thomson est celle qui s'impose dans la plupart des cas.

M. Swyngedauv avait étudié aussi la tension la plus favorable en faisant rentrer dans le prix de l'usine le prix des transformateurs, il admettait que cette augmentation de prix était proportionnelle à la puissance installée. M. Sarrat ne paraît pas encore être de son avis et une discussion sur ce sujet se serait engagée si les intéressés eussent été présents.

M. le Président remercie M. Grosselin de l'exposé de la communication de M. Sarrat, il fera transmettre à M. Swyngedauv les observations de M. Sarrat, et il pense que l'insertion des réponses au Bulletin sera le meilleur moyen d'élucider la question.

L'ordre du jour appelle ensuite la communication de M. Mougin sur la **Vérification expérimentale de la possibilité d'assimiler un régulateur à force centrifuge à un système pendulaire.**

M. Mougin montre comment on a pu assimiler un régulateur à force centrifuge à un système pendulaire; le but qu'il s'était posé était de chercher dans quelles limites un tel régulateur pouvait être comparé à un pendule. Avant de décrire le système expérimental, M. Mougin expose les conditions que ce dispositif devait remplir.

Un régulateur à boules, de Watt, était conduit par un moteur électrique qui actionnait également un commutateur à mercure faisant varier périodiquement la valeur d'une résistance en série avec le moteur. Sur l'arbre du régulateur un disque isolant avec un contact permettait à la plume d'un enregistreur de marquer un point à chaque tour de l'arbre. Un diapason au trentième de seconde donnait l'échelle des temps et un dispositif mécanique relié au régulateur en traçait les variations. En analysant les résultats obtenus il est arrivé à conclure que l'assimilation était parfaite et qu'on pouvait en tenir compte dans les calculs.

M. Boucherot succède à M. Mougin, il présente le résultat de ses études sur les **Oscillations dues aux régulateurs des moteurs conduisant des alternateurs marchant ou non en parallèle.**

M. Boucherot rappelle l'historique de la question, il dit que tout le monde a reconnu l'utilité d'avoir un important écart de réglage et on sait en effet que, dans un moteur quelconque, le couple ne suit pas instantanément un changement de distribution. Ce retard, faible pour une turbine à vapeur, est plus considérable avec les machines monocylindriques et encore plus grand avec les machines à plusieurs cylindres. Il montre que plus le retard de distribution est grand, et plus il faut augmenter le volant. M. Boucherot expose sa question par des calculs qu'il a vérifiés expérimentalement, et la concordance des résultats qui a été parfaite donne un grand poids à sa communication.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 10h35m.

A. S.

BIBLIOGRAPHIE

Manuel pratique du monteur électricien, par J. Laffargue, *huitième édition*. — *Bernard Tignol*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 18 × 13 cm ; 1012 pages. — Prix, reliure souple, 10 fr.

Arrivé, comme celui-ci, à sa huitième édition, un ouvrage n'a plus besoin de publicité et cette simple indication suffirait à notre paresse instinctive si notre sympathie et notre bonne amitié pour l'auteur et l'intérêt que nous portons à ses méritants élèves ne l'emportaient sur elle et ne nous entraînaient à rappeler la valeur de cette œuvre consciencieuse entre toutes, ce qui n'est pas chose commune par le temps qui court.

A l'encontre de nombreuses imitations suggérées par son succès même, ce Manuel a le grand mérite de n'inculquer à ceux auxquels il est destiné que des idées justes, exprimées en un langage précis, sur lesquelles ils n'auront pas à revenir ultérieurement s'ils sont appelés à développer en eux-mêmes ces premières connaissances techniques.

En contact permanent, par ses cours, avec le public particulier auquel il s'adresse, M. Laffargue est toujours au courant de ses besoins, de ses désirs même, et, soit que ses leçons s'élèvent pour quelques privilégiés, dans une troisième année d'instruction, à un degré supérieur à ce qu'elle était restée jusqu'ici, soit qu'il se maintienne pour d'autres dans le domaine des premiers éléments de montage, il tient son cours constamment au pair de ce qui se fait, et perfectionne, d'une édition à l'autre, son mode d'enseignement en y développant plus ou moins, selon les circonstances, les solutions schématiques ou de calcul élémentaire.

La modestie étant d'ailleurs l'apanage (fort rare aujourd'hui) de M. Laffargue, nous sommes instinctivement entraîné à parler de ses travaux, ne fût-ce que pour en dire tout le bien qu'il est seul à ne pas en penser.

E. Boistel.

Les Enroulements modernes des dynamos à courant continu, par Meynier et Nobiron. — *Ch. Béranger*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25 × 16 cm ; 55 pages. — Prix : 2,5 fr.

A ceux qui seraient tentés de voir dans ces auteurs les troisièmes larrons de la fable ou du moins, dans cette brochure, une imitation ou répétition des deux petits volumes parus sous titres analogues à la fin de l'année dernière et que nous avons annoncés dans les numéros 310 et 312 de ce journal, nous répondrons, sur la foi des auteurs, que, malgré sa date officielle actuelle, la théorie qu'elle contient remonte déjà à l'année 1903 où elle a été exposée par l'un d'eux dans un cours d'Électricité appliquée professé par lui à l'Institut industriel du Nord de la France et autographié à cette époque par la maison Danel, de Lille.

Elle dénote d'ailleurs chez ses auteurs une parfaite (alors) connaissance du sujet, insuffisamment servie peut-être par la méthode plus que par le mode d'exposition. Sur certains points, en effet, la charrue est attelée avant les bœufs et il serait bon de donner dès les premiers paragraphes des explications qu'on ne trouve qu'en allant au delà et même à la fin, et dont l'absence au moment voulu nuit à la clarté du début. A part cela, les auteurs recourent, pour déterminer les nombres de circuits dérivés dans les armatures à des *inégalités*, ce qui peut sembler bizarre à première vue, mais s'explique par ce que, si le nombre de ces circuits est invariable pour un enroulement donné, le nombre des bobines comprises dans un circuit dérivé varie, pour certains d'entre eux, avec la position de l'induit dans le champ inducteur, ce qui oblige à indiquer entre quelles limites ce nombre est compris.

Nous souhaitons d'ailleurs à cette *Nouvelle* (?) *théorie simple et générale* et à sa *Réalisation pratique*, sous-titres du fascicule, le succès qui a accueilli ses congénères. Nous ne saurions faire mieux.

E. Boistel.

Le four électrique, par Ad. Minet ; 1er fascicule. — *A. Hermann*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 28 × 19 cm ; 74 pages. Prix : ? fr.

Sous ce titre développé par les suivants : « Son Origine, ses Transformations et ses Applications. Forces naturelles. Électrométallurgie. Chimie par voie sèche », M. Minet, un de nos jeunes doyens en électro-chimie, entreprend aujourd'hui la publication d'un important ouvrage qui comprendra cinq fascicules, grand format, d'un texte serré et malgré cela très clair, et nous promet une documentation très détaillée sur cette partie de la science à laquelle il a consacré son existence et où il a acquis une longue expérience.

A côté des généralités et d'une partie théorique très développée, ce premier fascicule, quasi-préliminaire, ne comprend que les deux premières périodes d'évolution de cette branche de la science, savoir : celle de 1808 à 1886 et celle de 1886 à 1890, dans lesquelles les travaux espacés et encore embryonnaires des savants occupent naturellement peu de place comparativement à ce qui s'est fait depuis. Il contient une première intéressante bibliographie par noms d'auteurs et par ouvrages et périodiques, et, indépendamment des nombreuses figures que comporte son texte, est agrémenté de huit superbes portraits des pionniers de cette science, que nous citerons dans l'ordre chronologique de leurs travaux : William Siemens, Huntington, Borchers, Clerc, Cowles, Héroult, Minet et Hall. Ils valent, à eux seuls, en attendant les autres, l'ouvrage sur lequel nous reviendrons

d'ailleurs à l'occasion des fascicules suivants et en meilleure connaissance de cause. E. Boistel.

Das Funken von Kommutatormotoren. (Les étincelles aux moteurs a commutateur), par F. Punga. — *Jänecke* frères, éditeurs, Hanovre, 1905. — Format : 22×15 cm; 145 pages. Prix : 5 fr.

L'*étincellement* des moteurs à commutateur, telle devrait être la traduction exacte du titre, si le mot était un peu plus français dans ce sens; comme il existe cependant, il le deviendra. En attendant, contentons-nous des « Étincelles » susvisées, en notant la « Considération spéciale des alternomoteurs à commutateur » annoncée par l'auteur, et saluons encore cette petite monographie appartenant à une collection déjà connue de nous.

Résumé d'une question toujours pendante pour les machines à courant continu et plus récemment ouverte en ce qui concerne les alternomoteurs simples en série, et les moteurs à répulsion, compoundés ou non, il est tout d'actualité et nous rappelle plus particulièrement l'étude faite de main de maître dont elle a été l'objet dans le « Traité des machines à courant continu » du professeur Arnold, seul traduit encore en français, dont il s'est certainement inspiré, tout en en changeant les notations, ce qui donne à ses expressions un aspect différent.

Les dix premiers chapitres traitent la question au point de vue théorique; l'auteur donne, dans les cinq suivants, des projets et calculs de moteurs des divers types signalés ci-dessus et termine sa très intéressante brochure par un Appendice consacré à la Théorie exacte du moteur à répulsion.

Bon appoint de bibliothèque électrotechnique.

E. Boistel.

Die Elektrischen Druckknopfsteuerungen für Aufzüge (Commande électrique des ascenseurs par boutons-poussoirs), par A. Geszner. — *Jänecke* frères, éditeurs, Hanovre, 1905. — Format : 22×15 cm; 166 pages. Prix : 6,25 fr.

Synthèse résumée, comme tous les volumes de cette petite collection, de ce qui a été produit jusqu'ici par articles séparés sur ce mode de commande des ascenseurs, cette brochure, s'adressant surtout aux ingénieurs et constructeurs de ce genre d'appareils, est bien spéciale pour que nous nous y arrêtions longtemps. Il nous suffira de la signaler comme réunissant, dans des exemples, descriptions d'appareils et marche des calculs y afférents, des indications pratiques de construction. Quant aux architectes, entrepreneurs et propriétaires plus ou moins directement intéressés dans la question, le pourquoi et le comment les touchent si peu, en dehors du prix d'établissement et de la réputation de bon fonctionnement, que les détails d'exécution leur sont, en général, indifférents; d'où le peu d'application, chez nous, de cet opuscule, quel qu'en soit le mérite. E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

---

349 794. — **Siemens-Schuckert Werke.** — *Dispositif auxiliaire faisant éviter des excès de tension à la commutation* (31 décembre 1904).

350 565. — **The International Oxy-Generator Syndicate Limited.** — *Appareil pour transmettre des signaux optiques, pouvant être également employé comme projecteur* (6 janvier 1905).

350 567. — **Muller.** — *Appareil auto-commutateur radio-télégraphique* (6 janvier 1905).

350 505. — **The Romanoff Syndicate Limited.** — *Perfectionnements aux accumulateurs électriques* (5 janvier 1905).

350 541. — **Hultovist.** — *Dispositif combiné de démarrage et de freinage pour moteurs électriques* (5 janvier 1905).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Le Triphasé. — Rapport présenté par le Conseil d'administration *à l'Assemblée générale ordinaire du 22 juin 1905.* — Nous vous présentons aujourd'hui notre rapport sur notre cinquième année d'exploitation.

Nos recettes d'exploitation qui étaient l'année dernière, de	2 000 486,15	
Sont montées à	2 216 792,35	
Ce qui fait une augmentation de		216 306,20 fr.
Les dépenses d'exploitation qui étaient de	936 386,85	
Sont montées à	958 336,85	
Soit une augmentation de		21 950,00
Le produit net a donc augmenté de		194 356,20

Nous passerons maintenant en revue les principaux articles de notre bilan et du Compte de Profits et Pertes que vous trouverez ci-après :

Actif.

Les travaux neufs ont augmenté de	17 972.20 fr.
Le compte Valeurs en portefeuille a augmenté de . pour versements sur actions souscrites à l'Électrique de Montmorency.	69 500.00
Le compte Magasin a diminué de . . . . par suite d'un moindre approvisionnement de charbon.	56 598.60
Le compte Débiteurs, banquiers et divers, est en augmentation de	184 522.10

Passif.

Le compte Amortissement a augmenté de. . . . . ainsi qu'il sera dit plus loin.	592 953,90 fr.
Le compte Créanciers divers est en diminution de	392 696,35
La somme de. . . . . figurant sous la rubrique coupons d'obligations représente la portion courue au 30 avril sur le prochain coupon de nos obligations	87 742,65
Le total des réserve et amortissement, après répartition des bénéfices, sera de	1 625 992,55

Compte de Profits et Pertes.

Les produits nets de l'exploitation s'élèvent à. . .	1 258 455,50 fr.
Dont à déduire pour jetons, tantièmes, gratifications et intérêts (¹)	412 870,00
Il reste un bénéfice net de.	845 585,50
Tandis que l'an dernier il ne restait que	661 496,45
Différence en faveur de l'exercice actuel	184 089,05 fr.
Des bénéfices nets de.	845 585,50 fr.
Votre Conseil a porté à l'amortissement, en vertu de l'article 40 des statuts.	592 953,90
Il reste ainsi un solde créditeur de	252 631,60
Que nous vous proposons de répartir comme suit :	
Réserve légale : 5 pour 100	12 631,60
Dividende : 4 pour 100 aux actionnaires.	240 000,00
Total égal.	252 631,60 fr.

(¹) Pour ce qui est des jetons du Conseil d'administration, il est bon de rappeler que l'Assemblée générale extraordinaire du 27 octobre 1904 a décidé que la somme fixe de 10 000 fr arrêtée aux débuts de la Société, serait, à partir de l'exercice en cours, remplacée par un intérêt de 4 pour 100 sur le produit net.

Nous vous proposons de décider que les sommes inscrites au Compte d'amortissement font partie du fonds de roulement de la Société.

BILAN AU 30 AVRIL 1904

Actif.

Compte de premier établissement.	12 442 792,45 fr.
Réseau	787 182,93
Bateaux électriques	48 563,00
Matériel d'éclairage public.	3 646,95
Matériel divers.	136 094,90
Matériel en location chez les abonnés.	2 816,40
Cautionnements	18 561,65
Valeurs en portefeuille	1 039 500,00
Magasin, existences à l'inventaire.	193 162,90
Prime de remboursement sur obligations.	240 000,00
Caisse, espèces.	1 691,75
Débiteurs banquiers et divers.	526 538,25
Total.	15 440 551,20 fr.

Passif.

Capital.	6 000 000,00 fr.
Obligations.	6 000 000,00
Amortissement.	1 562 854,60
Réserve légale.	50 526,35
Créanciers divers.	1 486 816,00
Coupons d'obligations	87 742,65
Profits et pertes :	
Bénéfice de l'exercice 1904-1905 après amortissement	252 631,60
Total.	15 440 551,20 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Actif.

Jetons des administrateurs (intérêts 4 pour 100 sur 1 258 455,50 fr).	50 338,20 fr.
Rémunération des commissaires des comptes . . .	1000,00
Tantièmes des directeurs	42 584,55
Gratifications au personnel.	15 245,00
Intérêts divers.	52 648,85
Intérêts des obligations.	251 053,40
Amortissement	592 953,90
Solde créditeur	252 631,60
Total.	1 258 455,50 fr.

Passif.

Recettes de l'exploitation :		
Courant électrique.	2 210 872,35	
Recettes diverses.	5 920,00	
		2 216 792,35 fr.
Dépenses de l'exploitation		958 336,85
Produits nets de l'exploitation.		1 258 455,50 fr.
Elle décide de porter à la réserve légale		12 631,60 fr.
Et de distribuer 4 pour 100 aux actionnaires. soit . .		240 000,00
Total		252 631,60 fr.

En vertu de l'article 18 des Statuts, vous avez à procéder au renouvellement partiel du Conseil d'administration.

Le sort a désigné comme membres sortants : MM. Albert Kœchlin et Ludovic de Sinçay.

Ces Messieurs sont rééligibles.

En exécution de l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867, nous avons l'honneur de vous rendre un compte spécial de l'exécution, pendant l'exercice écoulé, des marchés et entreprises passés par notre Société avec d'autres Sociétés dont certains de ses administrateurs font en même temps partie, conformément aux autorisations données dans les Assemblées générales précédentes.

Notre Société a fourni au Secteur de Clichy une partie, au Nord-Lumière et à l'Électrique de Montmorency le total de l'énergie électrique nécessaire à leurs exploitations. Elle a acheté à la Société Alsacienne de constructions mécaniques divers appareils.

Nous vous demanderons aussi de décider que les membres du Conseil faisant partie d'autres Sociétés soient autorisés à traiter des affaires avec nous au nom de ces Sociétés pendant le prochain exercice.

Vous aurez également à désigner un Commissaire des comptes pour l'année 1905-1906, ainsi qu'un Commissaire suppléant.

Résolutions votées a l'unanimité par l'Assemblée générale. — 1° L'Assemblée générale, après avoir entendu le rapport du Conseil d'administration et celui du Commissaire, approuve le bilan et les comptes de l'exercice 1904-1905.

2° Le dividende sera payé à partir du 27 juin 1905 aux caisses désignées pour le dépôt des titres, sous déduction des impôts de finance et sur présentation du coupon n° 5, à raison de : 18 fr 20 net par coupon au porteur, et 19 fr 20 net par coupon nominatif.

3° L'Assemblée décide que les sommes portées au Compte Amortissement font partie du fonds de roulement de la Société et peuvent être employées en valeurs de portefeuille.

4° L'Assemblée nomme Administrateurs, pour une durée de six ans, MM. Albert Kœchlin et Ludovic de Sinçay.

Ces Messieurs acceptent.

5° L'Assemblée donne à ceux de ses Administrateurs qui font en même temps partie d'autres Sociétés les autorisations prévues par la loi de 1867, en raison des affaires qui pourraient être traitées avec ces Sociétés.

6° L'Assemblée nomme pour l'année 1905-1906 Commissaire des comptes M. Ernest Trapp, et Commissaire suppléant M. Joseph Baur.

Dans le cas où ce dernier aurait à remplir les fonctions de Commissaire, il recevrait la rémunération allouée au Commissaire.

L'Assemblée fixe la rémunération du Commissaire des comptes à 700 francs, et celle du Commissaire suppléant à 300 francs.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

55 641. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

14e Année. — N° 327. **10 Août 1905.**

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION
É. HOSPITALIER
87, boulevard St-Michel. — Paris.
TÉLÉPHONE 812-89

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 24 francs par an.
Union Postale : 26 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9
Paris.
TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

Pour éviter toute perte de temps, nous prions nos lecteurs de vouloir bien adresser toutes les communications concernant la Rédaction à M. É. HOSPITALIER, 87, boulevard Saint-Michel, et toutes celles relatives à l'Administration, 9, rue de Fleurus, Paris.

INFORMATIONS

Exposition de Liège. — Jury du groupe V : *Électricité.* — Si, malgré toutes nos recherches, il nous a été impossible de découvrir à l'*Officiel* la liste des membres du Comité d'organisation et d'installation de l'Exposition de Liège, nous avons été plus heureux le 29 juillet, en ce qui concerne le jury, et nous reproduisons la liste officielle des membres du jury de la section française du Groupe V : *Électricité.*

Classe 23. — *Production et utilisation mécanique de l'électricité.* — Titulaires : M. Harlé (Émile), à Paris, constructeur (maison Sautter-Harlé). — M. Javaux (Émile), à Paris, directeur de la *Société Gramme.*

Classe 24. — *Électrochimie.* — Titulaire : M. Bethmont (Daniel), à Paris, administrateur de la *Société l'Électro-métallurgie de Dives.* — Suppléant : M. Fredet (Henri), à Brignoud (Isère), accumulateurs électriques au sulfhydrate d'ammoniaque.

Classe 25. — *Éclairage électrique.* — Titulaire : M. Sartiaux (Eugène), à Paris, ingénieur électricien. — Suppléant : M. Robart (René), à Paris, ingénieur administrateur de la *Société l'Éclairage électrique.*

Classe 26. — *Télégraphie et téléphonie.* — Titulaire : M. Meyer-May (Albert), à Paris, directeur du service « constructions électriques » à la *Société industrielle des téléphones.* — Suppléant : M. Pasquet, à Paris, sous-chef de bureau au sous-secrétariat d'État des postes et des télégraphes.

Classe 27. — *Applications diverses de l'électricité.* — Titulaires : M. Dumont (Georges), à Paris, ingénieur électricien. — M. Richard (Jules), à Paris, ingénieur constructeur. — M. Mascart (Léon) fils, à Paris, horlogerie électrique, directeur de la *Société des établissements Henri Lepaute.* — Suppléant : M. Holzschuch (Jacques), à Paris, ingénieur des arts et manufactures, inspecteur des services techniques de l'exploitation de la *Compagnie des chemins de fer du Nord.*

Nous manquerions à tous nos devoirs en n'adressant pas nos félicitations aux Compagnies françaises de chemins de fer qui, sur *douze* jurés, ont su en faire choisir *trois* dans leur sein, si nous osons ainsi parler.

Quatrième Congrès des Électriciens russes. — Le 2/15 avril 1906 s'ouvrira à Kieff le *quatrième Congrès des Électriciens* de toute la Russie, convoqué avec l'autorisation des

Ministères de l'Intérieur et des Finances sous les auspices de la Société Technique Impériale de la Russie et de la ville de Kieff. Le but poursuivi par ce congrès consiste dans le rapprochement réciproque entre les électriciens russes, l'étude de l'état actuel de l'industrie, la démonstration des inventions les plus récentes dans la domaine de l'électricité, de l'instruction électrotechnique, etc., etc. En même temps sera organisé à Kieff une *Exposition Électrotechnique* et surtout des plus nouvelles machines et appareils électriques et de leurs applications à l'industrie, à l'agriculture et à la science médicale, où seront admis aussi des dessins, plans et modèles de ces inventions. Le Ministère des Finances a concédé aux exposants étrangers la *franchisse des droits de douane* sur les objets exposés à condition que les objets soient de nouveau réexpédiés à l'étranger dans un délai de trois mois après la clôture de l'exposition; les objets exposés qui seront retournés, seront libérés des frais de transport par chemin de fer jusqu'à la frontière. L'ouverture de l'exposition aura lieu le 25 mars du style russe et elle durera trois mois environ.

La municipalité de la ville de Kieff a aussi fait les démarches nécessaires pour assembler pendant le temps de l'exposition un grand congrès des représentants du service des télégraphes, des électrotechniciens et des ingénieurs du service de traction des chemins de fer russes; un congrès des techniciens et chimistes des fabriques de sucre et encore d'autres congrès de représentants des industries diverses. Le comité de l'exposition, à l'Hôtel de ville de Kieff, se tient à la disposition des intéressés pour tous renseignements complémentaires.

Les turbines à vapeur aux États-Unis. — Les États-Unis nous envoient deux intéressantes nouvelles concernant l'industrie des turbines à vapeur. Ces nouvelles visent à montrer le développement de cette industrie aux États-Unis et comme nombre et comme puissance des unités :

1° *Comme nombre.* — Il existerait déjà 224 turbines de construction américaine en service aux États-Unis, représentant une puissance totale de 350 000 chevaux (282 500 poncelets). Dans ce nombre, les plus grosses unités électrogènes sont les suivantes :

4	unités de	5500 kw.
10	—	5000 —
4	—	3000 —
13	—	2000 —
19	—	1500 —

2° *Comme puissance.* — L'Amérique prétend détenir le record de la puissance, avec les deux groupes électrogènes à turbines de 7500 kw que la *Brooklyn Heights Railroad* vient de commander à la Compagnie Westinghouse. Leur capacité de surcharge garantie est en effet de 50 pour 100, de sorte que les turbines seraient capables de développer une puissance de 16 000 chevaux (12 000 poncelets) au frein.

Elles sont établies pour fonctionner sous des pressions de vapeur de 12 kg : cm² environ et un vide d'environ 70 cm de mercure. Les alternateurs sont destinés à produire directement du courant triphasé à 25 périodes par seconde et à 11 000 volts.

Nous serions heureux d'entendre maintenant nos constructeurs européens, et de savoir quels chiffres comparatifs ils peuvent donner.

Relation entre la température et la force électromotrice d'éléments thermiques. — On a très peu de renseignements pratiques et précis sur cette question qui est pourtant très intéressante, surtout au point de vue de la pyrométrie; le compte rendu des essais de M. A. Palme, paru dans la *Zeitschrift für Elektrotechnik* du 2 juillet pourra paraître intéressant.

Les métaux employés par M. Palme étaient chimiquement purs, et les fils à l'extrémité étaient tordus ensemble et plongés dans un récipient plein de mercure placé dans du sable, que l'on chauffait avec une flamme Bunsen. La température était mesurée au moyen d'un thermomètre à mercure plongeant dans le mercure; les lectures étaient faites tous les 5° C, la température s'élevant graduellement jusqu'à 300° C.

La faible tension était mesurée soit directement au moyen d'un millivoltmètre G_1 (fig. 1), soit au moyen d'un appareil de

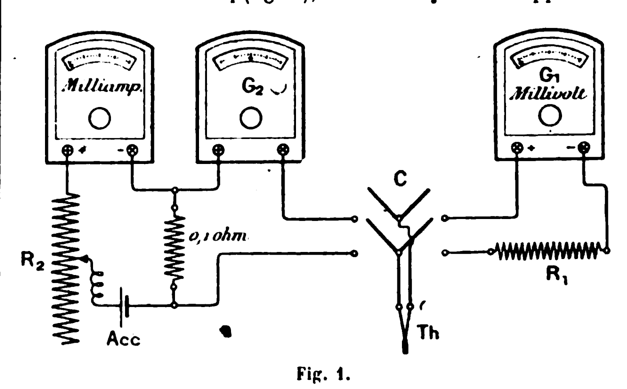


Fig. 1.

compensation de Siemens et Halske. Dans cette dernière méthode, on se sert d'un élément d'accumulateur, d'un milliampèremètre et d'un galvanomètre G_2; en manœuvrant le rhéostat R_2, on ramène le galvanomètre G_2 au zéro (fig. 1). Un commutateur C_1 permet de mesurer le couple thermique Th par l'une ou l'autre méthode.

Chaque courbe a été relevée 4 fois, 2 fois par lecture directe et 2 fois par compensation; les courbes donnent les valeurs moyennes, les valeurs obtenues diffèrent du reste très peu entre elles.

M. Palme a donné trois séries de courbes; les premières (fig. 2) se rapportent à des forces électromotrices maxima de 2,2 millivolts de 0 à 300°.

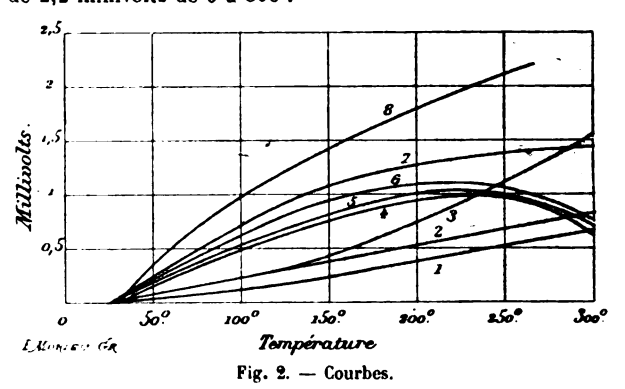


Fig. 2. — Courbes.

1, platine-charbon. — 2, argent-cuivre. — 3, platine-cuivre. — 4, cuivre-fer. — 5, argent-fer. — 6, zinc-fer. — 7, nickel-maillechort. — 8, magnésium-fer avec aluminium-fer.

Il y a deux combinaisons qui sont très bonnes pour la pyrométrie, car les courbes sont presque en ligne droite, ce sont celles de platine-charbon et d'argent-cuivre, mais elles sont de faible force électromotrice.

Les courbes obtenues pour les combinaisons de fer et de cuivre ou d'argent ou de zinc, présentent une allure particulière; la tension est maximum pour environ 220 à 240°, puis diminue rapidement; à peu près à 340°, la force électromotrice est nulle puis elle s'inverse. Le zinc fond avant l'annulation de la tension.

Les courbes de la deuxième série (fig. 3) vont jusqu'à 6,5 millivolts.

On trouve également dans cette série des combinaisons convenant aux pyromètres. La courbe pour le maillechort-

cuivre n'est pas semblable aux autres ; elle a été vérifiée plusieurs fois.

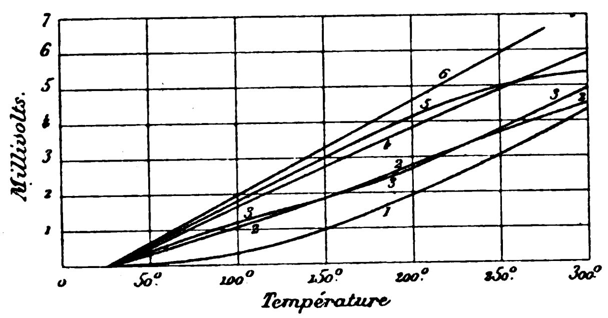


Fig. 3. — Courbes.

1, platine-nickel. — 2, maillechort-aluminium. — 3, maillechort-cuivre. — 4, nickel-cuivre, nickel-aluminium, nickel-charbon. — 5, nickel-plomb. — 6, maillechort-fer.

La troisième série (fig. 4) de courbes va jusqu'à 16 millivolts.

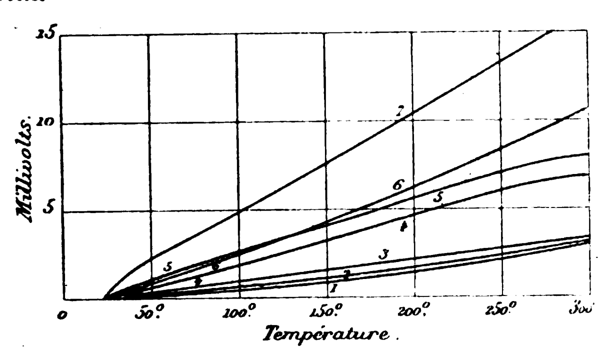
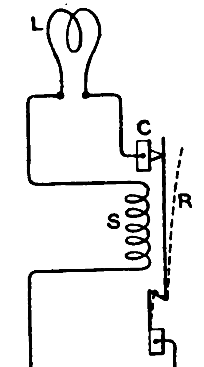


Fig. 4. — Courbes.

1, platine-charbon. — 2, platine-maillechort. — 3, platine-fer. — 4, nickel-argent. — 5, nickel-fer. — 6, constantan-cuivre. — 7, constantan-fer.

Les essais ont été faits à l'Institut électrotechnique de Vienne. M. Palme regrette de n'avoir pu faire varier la température dans de plus grandes limites.

Un nouveau système pour l'extinction périodique d'une lampe à incandescence. — L'*Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft* vient de mettre sur le marché un appareil pour l'extinction et l'allumage périodiques d'une lampe à incandescence pour les enseignes.



L'appareil très simple peut être placé dans une douille Edison; il est basé sur le principe du ressort de Bréguet, comme l'indique le schéma ci-contre. La continuité du circuit de la lampe L est assurée par le contact d'un ressort Breguet, constitué par une lame de ressort R formée de 2 métaux superposés ayant des coefficients de dilatation très différents. A côté du ressort se trouve une spirale S qui, lorsqu'elle est parcourue par le courant de la lampe, chauffe fortement le ressort. Quand la lampe est allumée, le ressort, au bout d'un moment, est chauffé et se courbe, comme il est indiqué en pointillé, de sorte que le contact C est rompu et la lampe s'éteint. Le courant étant interrompu, le ressort et la spirale se refroidissent, le ressort se redresse, la lampe se rallume, etc. Quand on a plusieurs lampes, on peut obtenir qu'elles s'allument et s'éteignent simultanément, mais on ne peut y arriver exactement, de sorte qu'il y a toujours un petit moment de flottement qui attire encore plus l'attention des passants.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Aurillac. — *Station centrale.* — La ville d'Aurillac est, paraît-il, à la veille d'avoir sa station centrale. Deux ingénieurs ont procédé dernièrement à des études ayant pour but l'établissement de barrages et d'usines électriques dans les gorges profondes de la Cère, entre les ponts du Maindour et du Ribeyrés.

Les devis et études ont été déposés à la préfecture et aucune protestation ne s'est élevée au cours de l'enquête de *commodo* et *incommodo*.

Les deux entreprises sont très sérieuses, et il est probable que les travaux de l'une ou l'autre Société ne tarderont pas à commencer.

Marseille. — *Régime futur de l'électricité.* — Nous avons donné n° 325 du 10 juillet 1905, p. 291, l'historique et les premiers projets présentés, nous complétons aujourd'hui cette note en donnant une nouvelle série de projets. La *deuxième catégorie* comprend la concession municipale de la distribution et de la vente de l'électricité à Marseille pour tous usages, d'après le traité voté par le Conseil municipal en avril et juillet 1904. Nous avons dit précédemment que ce traité faisait toutes réserves relatives à une concurrence éventuelle avec la Compagnie du gaz. C'est en s'autorisant de ces dispositions que la Compagnie générale d'électricité a sollicité de la ville le 18 avril 1904 une concession d'électricité à exploiter sur le territoire de la commune de Marseille.

Dès cette époque elle offrait de remplacer les prix maxima, consentis à la Compagnie du gaz pour l'électricité, par des prix sensiblement plus réduits et constituant un avantage très appréciable pour la ville et les particuliers. De plus, elle s'engage à se soumettre au cahier des charges (2e partie visant seulement l'électricité) qui a été imposé à la Compagnie du gaz par la convention de juillet 1904.

L'énumération ci-après où sont rapprochés des prix maxima accordés à la Compagnie du gaz, les prix correspondants offerts par la Compagnie générale d'électricité pour 1 hectowatt-heure, montrera clairement l'utilité pécuniaire qu'il y aurait pour la ville à substituer cette Compagnie à la Compagnie du gaz dans la distribution de l'électricité.

Éclairage : Particuliers, Compagnie du gaz, 8 centimes; Compagnie générale d'électricité, 6 centimes; rabais, 25 pour 100; — ville, Compagnie du gaz, 4 centimes; Compagnie générale d'électricité, 3 centimes; rabais, 25 pour 100.

Force motrice : Ville, Compagnie du gaz, 2,5 centimes; Compagnie générale d'électricité, 2 centimes; rabais, 20 pour 100; — particuliers, Compagnie du gaz, 4 centimes; Compagnie générale d'électricité, 3,5 centimes; rabais, 12,5 pour 100.

Dans son projet de convention, la Compagnie générale d'électricité se déclare prête à verser le cautionnement de deux millions, qui est exigé pareillement de la Compagnie du gaz.

Quant au droit d'octroi, la Compagnie du gaz doit payer pour l'électricité vendue par elle aux particuliers, 0,025 fr par kilowatt-heure; ce droit serait porté à 0,033 fr si les usines étaient construites hors du périmètre. — La Compagnie

générale d'électricité propose de payer à la ville 3 pour 100 de la recette d'éclairage produite par les particuliers et 4 pour 100 en cas d'usines hors du périmètre de l'octroi. — A raison de 0,025 fr par kilowatt-heure, la redevance payée annuellement à la ville serait de 165 625 fr par la Compagnie du gaz et 120 000 fr seulement pour la Compagnie générale d'électricité. La ville percevrait donc en moins, avec les offres de la Compagnie générale, 45 000 fr. — Si le Conseil se prononçait favorablement, M. Oliver proposerait alors un taux de 4 pour 100 au lieu de celui de 3 pour 100 et la redevance annuelle atteindrait 160 000 fr.

M. Oliver signale d'ailleurs que la redevance de 0,025 fr par kilowatt heure doit être considérée comme une taxe de remplacement de droit d'octroi.

Le droit d'octroi pour les charbons est de 4 fr la tonne, soit 0,004 fr par kg. Or, pour produire un kilowatt-heure on ne saurait dépenser plus de 2 kg de charbon, représentant au maximum un droit d'octroi de $2 . 0,004 = 0,008$ fr.

M. l'adjoint constate que la redevance de 0,025 fr représente plus de trois et quatre fois ce droit d'octroi. Après avoir étudié les moyens de remédier à cette contradiction, M. Oliver conclue en proposant au Conseil de donner un avis favorable à la demande de la Compagnie générale d'électricité et d'autoriser M. le Maire à signer avec cette Compagnie la même convention et le même cahier des charges déjà signé avec la Compagnie du gaz pour l'électricité.

Dans une *troisième catégorie*, M. Oliver examine une demande d'adduction d'énergie électrique, alimentée par les chutes de l'Ubaye, pour la desserte exclusive d'une groupe d'industriels, demande émanant de MM. Mollard, Garnier et Bouilloux-Laffont (Compagnie électrique du Midi). Comme ce projet n'offre à la ville aucune garantie, aucun cautionnement, aucune redevance, aucun partage de bénéfices, il convient, selon M. l'adjoint, de réserver la demande de MM. Mollard et Cie.

La *quatrième catégorie* comprend un certain nombre de projets que M. Oliver divise en deux groupes.

1° Les projets du premier groupe se rapportent seulement à la distribution d'énergie électrique pour force motrice à domicile dans la commune de Marseille.

Dans ce groupe rentrent : *a*. Le projet Prudhon qui, présenté en 1892, dut attendre jusqu'à 1896 la rédaction préalable d'un cahier des charges municipal qui fut remplacé ensuite par les documents dressés par MM. les ingénieurs des ponts et chaussées.

Et la concession de la canalisation des rues de Marseille pour le transport de l'énergie électrique, qui avait été accordée à M. Prudhon dans la séance du Conseil municipal du 22 mai 1992, lui fut retirée dans la séance du 18 juin 1902, à cause de la question de l'éclairage, que l'on considérait comme inséparable de celle de la distribution de l'énergie, et qui était alors en suspens.

b. Le projet Costa, qui fut introduit le 9 mars 1898, eut un sort identique au précédent.

2° Le deuxième groupe de projets comprend plus particulièrement ceux d'adduction d'énergie électrique à Marseille en vue d'alimenter la distribution à domicile.

Dans ce groupe se rangent les projets Costa, Chabassier, Chabrand, de Montricher sur l'aménagement intégral du Verdon, ceux du gouvernement, de la Société nouvelle des charbonnages des Bouches-du-Rhône.

M. Oliver propose au Conseil de nommer une Commission spéciale pour l'étude des projets de cette nouvelle catégorie qui sont fort compliqués et ne présentent pas la simplicité de celui présenté par la Compagnie générale d'électricité. Avant l'examen de ces projets, la Commission spéciale arrêtera un programme d'étude sur les points suivants : besoin de la population et de l'industrie; puissance nécessaire des usines génératrices; mode de production de l'énergie; système de distribution, de tarification et tarifs maximums, redevance municipale; exploitation directe par la ville ou rétrocession, etc., etc.

Enfin M. l'adjoint Oliver termine son important travail par un résumé des divers projets et ses conclusions générales consistent à proposer au Conseil municipal :

1° D'accueillir la demande de l'*Énergie Électrique du Littoral méditerranéen* à condition qu'elle s'engage à assurer le fonctionnement économique des usines de l'assainissement à prix réduit;

2° De donner un avis favorable à la Compagnie générale d'électricité;

3° D'interpréter l'article additionnel A du traité de juillet 1904, avec la Compagnie du gaz et de réserver jusqu'à plus ample informé la demande de MM. Mollard et Cie.

4° Enfin de nommer une Commission spéciale pour l'examen des projets de la quatrième catégorie.

Cette très importante question du régime de l'électricité devant venir en délibération devant le Conseil municipal, nous reprendrons plus en détail chacun des projets au fur et à mesure de leur discussion.

Villefranche-de-Rouergue (Aveyron). — *Station centrale.* — Nous apprenons que M. Adolphe Gratacap, ingénieur électricien à Maure, a l'intention d'établir une usine électrique sur l'Aveyron, dans la commune de la Bastide-L'évêque, à 300 mètres environ en amont du pont de Cayla.

En conséquence, M. Gratacap vient d'adresser aux membres du Conseil municipal de la ville de Villefranche, des propositions pour l'éclairage public, l'éclairage privé et la distribution électrique de la force motrice.

ÉTRANGER

Maira (Suisse). — *Station centrale.* — On vient de projeter d'utiliser les chutes d'eau de la Maira qui, sur une longueur de 14 km environ, comprise entre Casaccia et Castasegna, présente une pente moyenne de 5,5 pour 100. Cette pente est d'ailleurs très irrégulière et se compose principalement de deux rapides, l'un compris entre Loblia et Vicosoprano, avec une longueur de 4 km et une pente de 9,2 pour 100, l'autre compris entre Stampa et Promontogno, avec une longueur de 2,5 km et une pente de 8,4 pour 100. Des concessions avaient déjà été données pour l'installation d'usines de fabrication des carbures, mais, par suite de la mauvaise situation de cette industrie, ces projets avaient été abandonnés.

Le nouveau projet ne vise pas seulement l'utilisation des deux rapides, mais celle de la chute totale de la Maira. Pour pouvoir utiliser d'une façon rationnelle la quantité d'eau disponible, dont le débit varie énormément, il faut recourir à un réservoir de grande capacité. Pour cela, on a songé à employer un lac traversé par l'Inn et dans lequel se jetaient autrefois la Maira et son affluent l'Orlegna. Cette utilisation est assez facile, car il suffit, pour cela, d'aménager l'ancien lit de la rivière.

Le niveau des eaux du lac varie au plus de 1,15 m dans toute l'année. Pour l'utiliser, on élèvera de 75 cm le niveau maximum des eaux et on abaissera de 2,60 m le niveau minimum. En exploitation normale, le niveau restera alors constant pendant l'été, augmentera d'environ 75 cm au mois d'octobre, et baissera peu à peu jusqu'au mois de mai, époque à laquelle il commencera à remonter jusqu'à l'été.

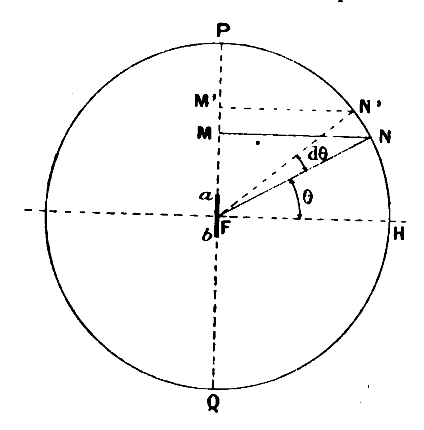
Pour alimenter ce réservoir, on prendra pendant l'été une partie de l'eau de l'Orlegna : on emploiera pour cela une galerie à faible pente de 2,5 km. L'eau disponible sera utilisée soit dans une, soit dans deux stations génératrices. La puissance moyenne disponible s'élèvera à 32 000 poncelets pour une exploitation de 24 heures par jour.

LAMPES A INCANDESCENCE

SUR LE RAPPORT DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE MOYENNE SPHÉRIQUE A L'INTENSITÉ MOYENNE HORIZONTALE DES LAMPES A INCANDESCENCE

Il résulte de nombreuses expériences poursuivies par M. G. B. Dyke au *Pender Electrical Laboratory, University College*, à Londres, que le rapport de l'intensité lumineuse moyenne sphérique d'une lampe à incandescence à son intensité lumineuse moyenne horizontale était de 0,78 environ pour neuf types différents de lampes expérimentées. M. le Dr *J. A. Fleming* a pensé que ce fait expérimental n'était pas accidentel, mais devait dépendre de phénomènes optiques bien définis, et c'est ce qu'il a démontré, en prenant un exemple typique.

Considérons un filament droit *ab* rendu incandescent et placé verticalement au centre d'une sphère de rayon r,



assez grand pour que les dimensions du filament soient négligeables devant ce rayon. Soit :

I_H, l'intensité horizontale FN;

I, l'intensité dans une direction quelconque FN;

θ, l'angle de cette direction avec la direction horizontale;

I_s, l'intensité lumineuse sphérique moyenne.

Admettons, par hypothèse, que $I = I_H \cos\theta$. Cette hypothèse est justifiée par le fait que si l'on place un long filament droit derrière un petit trou rectangulaire percé dans une plaque opaque, et que l'on incline le long filament par rapport à la plaque entre certaines limites, on ne constate pas de différence sensible dans le flux lumineux [1] qui traverse le petit trou rectangulaire.

Considérons la zone de la sphère limitée par un arc élémentaire $NN' = d\theta$. La surface de cette zone a pour expression :

$$2\pi r^2 . \cos\theta . d\theta.$$

[1] M. J. A. Fleming donne au flux lumineux le nom de *quantity of light* (quantité de lumière). Suivant les définitions du Congrès de Genève (1890), la quantité de lumière est le produit d'un flux lumineux par un temps.

Le flux lumineux tombant sur la zone est égal à :

$$I_H . 2\pi r^2 . \cos\theta . d\theta$$

et le flux lumineux total sur la sphère totale a pour valeur :

$$4\pi r^2 . I_H \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\theta . d\theta.$$

Mais par définition de l'intensité lumineuse moyenne sphérique, on a :

$$4\pi r^2 I_s = 4\pi r^2 I_H \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\theta . d\theta,$$

d'où :

$$\frac{I_s}{I_H} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\theta . d\theta . = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1 + \cos 2\theta}{2} . d\theta,$$

$$\frac{I_s}{I_H} = \frac{\pi}{4} = 0{,}785.$$

Donc, pour un filament droit et court, l'expérience de M. Dyke confirme la théorie et justifie l'hypothèse de la loi du cosinus avec une exactitude considérable.

M. J. A. Fleming a fait le même calcul pour un filament rectiligne dont la longueur n'est pas négligeable. Lorsque ce filament de longueur $2l$ sous-tend sur le disque du photomètre un angle 2α, le rapport de I_s à I_H est donné par l'expression :

$$\frac{I_s}{I_H} = \frac{\pi}{4}\left(\frac{2}{\cos^2\alpha + \alpha \operatorname{cotg}\alpha}\right).$$

Après avoir calculé le facteur de correction à appliquer pour des filaments de formes différentes (filament en U, boucle simple ou multiple, etc.), M. J. A. Fleming conclut que le facteur de correction représenté par la parenthèse de la formule ci-dessus est faible tant que le filament ne sous-tend pas un angle de plus de 10° au centre du disque du photomètre, ce qui est le cas général dans la photométrie des lampes à incandescence.

Ces considérations montrent que les fabricants de lampes à incandescence peuvent sans difficulté donner les chiffres exacts relatifs à la valeur photométrique de chaque type de lampe.

Au lieu de donner l'intensité maxima prise dans une direction, c'est-à-dire celle perpendiculaire à l'axe de la lampe dans laquelle tout le filament est visible, ils devront donner l'intensité lumineuse horizontale moyenne prise dans la même direction en faisant tourner la lampe autour de son axe vertical, à l'aide de dispositifs bien connus.

Si les mesures sont faites de telle façon que la lampe ne sous-tende pas un angle supérieur à 10° par rapport à l'écran du photomètre, l'intensité lumineuse moyenne

sphérique sera égale à ($\pi/4$) fois ou 0,785 fois l'intensité lumineuse moyenne horizontale.

Il est peu probable que les fabricants de lampes à incandescence acceptent *sans murmurer* le procédé rationnel indiqué par M. J. A. Fleming. En effet, l'intensité lumineuse moyenne sphérique se trouvant réduite de 22 pour 100, par rapport à l'intensité horizontale moyenne, et de 30 pour 100, peut-être, par rapport à l'intensité maxima, les consommations spécifiques se trouveraient augmentées dans des rapports analogues, au grand détriment des fabricants consciencieux et à l'avantage... des autres. É. H.

SIMPLIFICATION DE L'ANALYSE DES HARMONIQUES

PAR SILVANUS P. THOMPSON

Le professeur Silvanus Thompson a communiqué l'hiver dernier à la Physical Society une méthode d'analyse des harmoniques qui réduit à une extrême simplicité les calculs, si laborieux jusqu'ici, nécessaires à la détermination des valeurs des harmoniques entrant dans les courbes périodiques telles que celles des f. é. m. et des intensités des alternateurs. Les méthodes graphiques actuellement pratiquées et les appareils dits analyseurs d'harmoniques sont assurément superbes; mais les unes sont à la fois d'une application pénible et sans précision suffisante pour les harmoniques d'ordre élevé, tandis que le coût des analyseurs les met hors de la portée d'un grand nombre; les unes et les autres sont en outre moins expéditifs que la méthode arithmétique employée depuis un an environ au Collège technique de Finsbury.

Les électriciens ayant besoin d'un mode d'analyse de ces courbes, aussi bien que les mécaniciens en ont l'application dans la solution des problèmes relatifs au fonctionnement des soupapes, l'auteur a cru devoir donner une description de cette nouvelle et rapide méthode.

Dans l'étude des courants et de la f. é. m. alternatifs, l'analyse des harmoniques est simplifiée du fait de l'absence de tous les termes pairs de la série de Fourier. Dans ce cas, la seconde moitié de la période est semblable à la première, à cela près que les ordonnées des angles correspondants ou fractions correspondantes de période sont de signe contraire ou inverse. Étant donnée une courbe à harmoniques compliquée, contenant des termes d'ordre impair seulement, on peut toujours prendre pour ligne des abscisses une ligne telle que le terme constant disparaisse de la série de Fourier, l'ordonnée moyenne étant zéro; et il est dès lors toujours possible de choisir comme origine un point pour lequel les ordonnées à 0° et à 180° soient nulles.

Bien des méthodes connues permettent une analyse approximative de ces courbes. Avec un nombre fini d'ordonnées pour un nombre correspondant de valeurs de x entre $x = 0°$ et $x = 180°$, on peut arriver à une solution par une réduction algébrique des équations simultanées ainsi fournies, le nombre des coefficients qu'on peut ainsi déduire étant limité par le nombre disponible d'équations simultanées. Si, par exemple, il est donné 18 points sur la courbe, il est possible de tirer les coefficients des termes sinus et cosinus de la série de Fourier jusqu'au 17e de chacun, c'est-à-dire A_1 A_3 A_5 A_7 A_9 A_{11} A_{13} A_{15} A_{17} et B_1 B_3 B_5 B_7 B_9 B_{11} B_{13} B_{15} et B_{17}; mais, même avec l'aide de déterminants, le travail est long et fastidieux, chaque courbe prenant plusieurs heures.

En 1892, le professeur Perry a donné (1) une méthode arithmétique d'analyse approximative dans laquelle les ordonnées de la courbe à analyser sont prises comme équidistantes, l'opération consistant à multiplier toutes les valeurs par sin nx, n prenant successivement les valeurs (s'il n'existe que des harmoniques impairs) 1, 3, 5, etc., à en mettre en tableau les résultats et à en prendre les moyennes pour chaque harmonique successivement. Ici encore le travail devient très pénible, même pour un petit nombre de termes.

Plus récemment, M. S. Kintner a donné (2) une table étendue pour le même procédé applicable à des courbes pour lesquelles sont données 36 ordonnées équidistantes dans la demi-période. Les valeurs des sinus y sont données de 5 en 5°, pour être ensuite multipliées par les ordonnées successives pour chacune des composantes jusqu'à la 17e. Cette opération n'exige pas moins de 360 multiplications individuelles par des sinus d'angles pour donner les coefficients jusqu'à A_{17} et B_{17}.

Le travail impliqué par ces procédés arithmétiques est si considérable qu'il a mis en faveur les méthodes graphiques employées depuis sur une grande échelle. Celles imaginées par le professeur Perry (3) et par M. E.-B. Wedmore (4) sont en honneur en Angleterre, tandis que, sur le continent, on leur en préfère une analogue proposée par Fischer-Hinnen (5). Aux États-Unis, une autre méthode graphique due à Houston et Kennelly (6) s'est largement répandue. La méthode de Perry, basée sur une idée de feu W.-K. Clifford, consiste d'abord dans un mode de projection de la courbe sur un cylindre et dans la mesure de sa surface apparente à l'aide d'un planimètre. Celle de Houston et Kennelly exige également l'emploi d'un planimètre ou tout au moins de quelque expédient équivalent, tel que le tracé de la courbe sur un papier quadrillé et l'évaluation de la surface embrassée par elle d'après le

(1) *The Electrician*, 5 février 1892.
(2) *Electrical World*, New York, 1904, XLIII, p. 1023.
(3) *The Electrician*, 28 juin 1895.
(4) *The Electrician*, 16 août 1895 et *Journal of Institution of Electrical Engineers*, 1896, XXV, p. 223.
(5) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1901, t. XIX.
(6) *Electrical World*, New York, 1898, XXXI, p. 580.

décompte des carrés qu'elle renferme. Ces méthodes sont laborieuses et donnent lieu à de nombreuses complications de lignes chevauchant les unes sur les autres, pour peu qu'il s'agisse d'obtenir plus de quelques termes très peu nombreux. Elles ont en outre l'inconvénient, commun à toutes les méthodes graphiques, de manquer de précision dès qu'on a affaire à de petites quantités.

Il est inutile de parler ici des appareils désignés sous le nom d'analyseurs d'harmoniques, dont les variétés dues à lord Kelvin (pour les analyses des marées), au professeur Henrici, à M. Archibald Sharp, M. G.-U. Yule et M. Coradi sont connues de tous. Ils ont leur application et rendront toujours des services dans des cas spéciaux.

Toutes les méthodes qui précèdent, à l'exception de celle des équations simultanées et des méthodes graphiques particulières de Wedmore et de Fischer-Hinnen, sont basées sur les deux théorèmes exprimés par les équations suivantes :

$$\int_{t=0}^{t=T} \sin^2 \omega t \,.\, dt = \frac{1}{2} T$$

et

$$\int_{t=0}^{t=T} \sin r\,\omega t \,.\, \sin s\,\omega t \,.\, dt = 0,$$

dans lesquelles s et r sont deux nombres entiers.

Conformément à ces théorèmes, la multiplication générale par $\sin n\,\omega t$ (n étant un nombre entier quelconque) et l'intégration pour toute une période ont pour résultat de tout éliminer, sauf l'harmonique particulier du n^e ordre. Ce procédé consistant à tout multiplier par le sinus d'un angle et à intégrer paraît être approximativement réalisé par les diverses méthodes arithmétiques, graphiques et mécaniques ci-dessus énumérées.

L'auteur a réalisé une économie considérable de travail en adaptant au cas ici considéré une intéressante méthode d'analyse publiée par le professeur C. Runge, en 1893, dans le *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, XLVIII, p. 443. Cette méthode exige également la multiplication par des sinus d'angles et l'intégration ultérieure (ici réduite à une simple addition) ; mais elle abrège le travail par un procédé qu'on peut appeler « groupement ». En résumé, elle groupe les ordonnées successivement en sommes et en différences, de telle façon que le travail de multiplication générale par les sinus d'angles s'effectue non pas sur des ordonnées isolées, mais sur des assemblages de ces ordonnées. Le mémoire de Runge traite le sujet d'une manière générale, en prenant en considération les termes pairs aussi bien que les impairs. L'élaboration, si elle est quelque peu compliquée, est systématisée au moyen d'un état approprié ; mais quand on cherche à développer une méthode corrélative pour les termes impairs seulement, on arrive à une surprenante simplification et à une remarquable réduction de travail comparativement à toutes les méthodes précédentes.

Voici la marche de mise en œuvre de ce procédé abrégé :

1° *Choix des ordonnées.* — On commence par diviser la demi-période en $2\,m$ parties égales, correspondant à $2\,m - 1$ ordonnées équidistantes.

2° *Disposition pour en prendre des sommes et des différences.* — On accouple ensuite ces ordonnées par paires de manière à trouver la somme et la différence de l'ordonnée d'un angle quelconque et celle de son supplément. La somme ne contiendra que des composantes-sinus, et la différence uniquement des composantes-cosinus. En effet, comme

$$\cos n\theta = - \cos (180^\circ - n\theta)$$

et

$$\sin n\theta = \sin (180^\circ - n\theta),$$

il en résulte que, en additionnant les paires d'ordonnées supplémentaires, on élimine tous les cosinus, et, en les soustrayant les unes des autres, on élimine tous les sinus. On peut donc inscrire les ordonnées sur deux lignes l'une au-dessous de l'autre, la première de m termes de gauche à droite, et la seconde de $m - 1$ termes de droite à gauche, et en prendre alors les sommes et les différences. On sépare, par cet artifice, tous les termes en sinus des termes en cosinus. On se servira dès lors des sommes pour obtenir les coefficients des termes en sinus A_1, A_3, A_5, etc., et des différences pour tirer les coefficients des termes en cosinus B_1, B_3, B_5, etc.

3° *Groupement pour harmoniques.* — Un autre groupement est encore possible pour les harmoniques des ordres plus élevés dont le rang est un facteur du diviseur m, par exemple les troisième et neuvième termes, si $m = 9$. En effet, pour obtenir le troisième harmonique, il faut multiplier l'ordonnée de 15° par sin 45° ; l'ordonnée de 45°, par sin 135°, et l'ordonnée de 75°, par sin 225° ; et, en opérant ainsi, on peut se rappeler que sin 45° = sin 135° = — sin 225°. Par suite, les trois valeurs d'ordonnées correspondant à 15°, 45° et 75°, ainsi que leurs trois supplémentaires correspondant à 165°, 135° et 105°, du moment qu'elles doivent toutes être multipliées par sin 45° (+ ou —), puis additionnées (c'est-à-dire intégrées), peuvent tout aussi bien être groupées par addition avant d'être multipliées par sin 45°, de sorte qu'il suffit d'une multiplication, au lieu de six.

4° *Disposition en tableau* (*Cadre*). — On dispose alors les nombres ainsi assemblés et groupés en un tableau convenable, chaque nombre étant, dès son introduction, multiplié par les sinus de l'angle qui lui correspond. L'emploi de la règle à calcul rend cette opération très rapide. Pour obtenir, par exemple, les coefficients jusqu'au 17e terme, en recourant à 36 ordonnées, il suffit de 65 multiplications, au lieu des 630 de Kintner, et le temps nécessaire pour la multiplication à l'aide de la règle à calcul ne dépasse guère une demi-heure. Pour la facilité des opérations, l'état préparé indique les places que doivent occuper les nombres. Les termes en sinus

sont inscrits, à partir du haut, en regard des angles de 0° à 90°; les termes en cosinus, à partir du bas, puisque cos 0° = sin 90°. Comme on le verra, les résultats pour les harmoniques ressortiront par paires; si, par exemple, on a pris 12 ordonnées, les harmoniques 1 et 11 ressortiront ensemble; il en sera de même de 3 et 9, et ainsi de suite. Les nombres, en entrant dans le tableau, y sont donc introduits alternativement en deux colonnes, côte à côte, en zigzag. Pour le 1er (et le 11e) ordre d'harmoniques, les entrées se font successivement en face de tous les sinus; pour le 3e (et le 9e) ordre, de trois en trois; pour le 5e (et le 7e), de cinq en cinq. L'emploi d'un cadre préparé d'avance prévient les déplacements d'inscriptions.

5° *Intégration par addition et soustraction.* — On peut se rappeler que les coefficients de n^e ordre sont donnés par les intégrales

$$A_n = \frac{2}{T}\int_0^T y \, . \sin n \, \omega t \, . \, dt;$$

$$B_n = \frac{2}{T}\int_0^T y \, . \cos n \, \omega t \, . \, dt.$$

Il reste alors à intégrer et à prendre deux fois les moyennes. L'intégration se réduit ici à une simple sommation des produits effectués pendant la précédente opération. Mais comme, dans le cas de 12 ordonnées, on obtiendrait le 11e coefficient en multipliant par les mêmes sinus qui donneraient le premier coefficient, à la seule différence près des signes + et — fixés d'avance, on peut effectuer l'addition des 1er et 11e harmoniques en prenant séparément les sommes des nombres du produit alternatif, qui sont, en conséquence, inscrits alternativement en deux colonnes. On fait alors séparément les totaux de la première et de la seconde colonne. Leur somme donne l'« intégrale » du 1er harmonique et leur différence, l'« intégrale » du 11e harmonique, et ainsi de suite. On n'a plus alors finalement qu'à diviser ces sommes et ces différences par la moitié du nombre des ordonnées prises pour avoir deux fois la moyenne. Si l'on a pris 12 ordonnées (y compris le zéro à l'origine), on divise le tout par 6. Si l'on a pris 18 ordonnées, on divise par 9; et pour 6 ordonnées on divise par 3. La sommation, qui ici correspond à l'intégration, est effectuée pour la demi-période. Mais, comme les deux demi-périodes sont semblables et que le premier mode d'addition d'ordonnées correspondant à des angles supplémentaires donne les doubles de leurs termes respectifs en sinus, on arrive au même résultat que si l'on avait divisé la somme par 2 et qu'on eût ultérieurement étendu la sommation de 0° à 360°.

Le procédé est illustré par le cadre suivant établi pour le cas particulier de 11 ordonnées par demi-période, ou 12 ordonnées, si l'on compte comme ordonnée additionnelle la valeur zéro à la fin de la demi-période.

Tableau ou *Cadre pour analyse d'une courbe périodique dans laquelle n'apparaissent que des harmoniques impairs jusqu'au 11e.*

Note. — Les deux demi-périodes seront semblables, de telle sorte que, si l'on prend la ligne moyenne entre les points le plus élevé et le plus bas de la courbe, il n'y aura pas de terme constant. Pour plus de simplification, on peut prendre l'origine là où la courbe coupe la ligne zéro.

1. On divise la demi-période en 12 parties égales et l'on mesure les 11 ordonnées $y_1 \; y_2 \; y_3 \cdots y_{11}$; y_0 et y_{12} étant respectivement égales à zéro.

2. On dispose ces ordonnées de la manière suivante :

	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
	y_{11}	y_{10}	y_9	y_8	y_7	
donnant par addition	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
et par soustraction	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6.

Note. — s_1 signifie somme de y_1 et y_{11}; d_1, différence de y_1 et y_{11}; etc. Il faut bien faire attention constamment aux signes + et —.

3. On groupe de la manière suivante les nombres pour obtenir les valeurs à appliquer pour les 3e et 9e harmoniques :

$$s_1 + s_3 - s_5 = r_1$$
$$s_2 - s_6 \quad = r_2$$
$$d_1 - d_3 - d_5 = e_1.$$

4. On prend alors les nombres ci-dessus appropriés et on les met à leurs places respectives dans le tableau ci-dessous, *en multipliant chacun d'eux, avant de l'inscrire, par le sinus en regard dans la colonne de gauche.*

ANGLE.	TERMES EN SINUS. 1re et 11e HARMONIQUES.		3e et 9e HARMONIQUES.		5e et 7e HARMONIQUES.		TERMES EN COSINUS. 1re et 11e HARMONIQUES.		3e et 9e HARMONIQUES.		5e et 7e HARMONIQUES.	
Sin 15° = 0,262	s_1				s_5			d_5				d_1
Sin 30° = 0,500		s_2				s_2	d_4				d_4	
Sin 45° = 0,707	s_3		r_1		$-s_3$			d_3		e_1		$-d_3$
Sin 60° = 0,866		s_4				$-s_4$	d_2				$-d_2$	
Sin 75° = 0,966	s_5				s_1			d_1				d_5
Sin 90° = 1,000		s_6		r_2		s_6	..		$-d_4$		..	
Totaux:												
1res colonnes.	..		..		..		..		..		.	
2es colonnes.	..		..		..		..		..		..	
Somme	$6 A_1$		$6 A_3$		$6 A_5$		$6 B_1$		$6 B_3$		$6 B_5$	
Différence . . .	$6 A_{11}$		$6 A_9$		$6 A_7$		$6 B_{11}$		$6 B_9$		$6 B_7$	

Résultat : $y = A_1 \sin \theta + A_3 \sin 3\theta + A_5 \sin 5\theta + A_7 \sin 7\theta + A_9 \sin 9\theta + A_{11} \sin 11\theta + B_1 \cos \theta + B_3 \cos 3\theta + B_5 \cos 5\theta + B_7 \cos 7\theta + B_9 \cos 9\theta + B_{11} \cos 11\theta$.

L'exemple numérique suivant correspond à la courbe représentée par la figure 1, pour laquelle les ordonnées sont tracées de 15° en 15°.

Les 11 ordonnées ont les valeurs suivantes : 31,5, 66,0, 93,4, 105,0, 97,2, 78,0, 62,0, 48,5, 39,2, 31,0 et 20,0. — On les dispose ainsi :

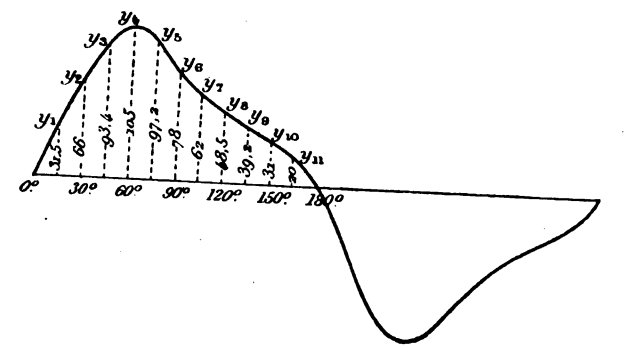


Fig. 1. — Courbe à harmoniques impairs jusqu'au 11e.

	31,5	66,0	93,4	105,0	97,2	78,0
	20,0	31,0	39,2	48,5	62,0	..
donnant par addition	51,5	97,0	132,6	153,5	159,2	78,0
et par soustraction	11,5	35,0	54,2	56,5	35,2	78,0.

Groupement $51,5 + 132,6 - 159,2 = 24,9$

$97,0 - 78,0 = 19,0$

$11,5 - 54,2 - 35,2 = -77,9.$

Mise en tableau :

VALEURS EN SINUS.	TERMES EN SINUS. 1res et 11e HARMONIQUES.		3e et 9e HARMONIQUES.		5e et 7e HARMONIQUES.		TERMES EN COSINUS. 1res et 11e HARMONIQUES.		3e et 9e HARMONIQUES.		5e et 7e HARMONIQUES.	
0,262	51,5				159,2			35,2				11,5
0,5		97,0				97,0	56,5				56,5	
0,707	132,6		24,9		— 132,6			54,2		— 77,9		— 54,2
0,866		153,5				— 153,5	35,0				— 35,0	
0,966	159,2				51,5			11,5				35,2
1,000		78,0		19,0		78,0	...		— 56,5		...	
Multiplication par les sinus :												
0,262	13,5				41,7			9,2				3,0
0,5		48,5				48,5	28,2				28,2	
0,707	93,7		17,6		— 93,7			58,2		— 55,1		— 38,2
0,866		132,7				— 132,7	30,3				— 30,3	
0,966	154,0				49,7			11,1				34,0
1,000		78,0		19,0		78,0	...		— 56,5		...	
Totaux :												
1res colonnes	261,2		17,6		— 2,3		58,5		— 56,5		— 2,1	
2es colonnes	259,2		19,0		— 6,2		58,5		— 55,0		— 1,2	
Sommes	+ 520,4		+ 36,6		— 8,5		+ 117,0		— 111,5		— 3,3	
Différences	+ 2,0		— 1,4		+ 3,9		0		— 1,5		— 0,9	
Division par 6	+ 86,73 + 0,32		+ 6,1 — 0,23		— 1,42 + 0,65		+ 19,5 0		— 18,58 — 0,25		— 0,55 — 0,15	

Résultat. — $y = 86,73 . \sin \theta + 6,1 . \sin 3\theta - 1,42 . \sin 5\theta + 0,65 . \sin 7\theta - 0,23 . \sin 9\theta + 0,32 . \sin 11\theta + 19,5 . \cos \theta - 18,58 . \cos 3\theta - 0,55 . \cos 5\theta - 0,15 . \cos 7\theta - 0,25 . \cos 9\theta$.

L'exemple suivant est le plus simple de tous : celui dans lequel les ordonnées ne sont prises que de 30° en 30°.

Tableau ou *Cadre pour l'analyse d'une courbe périodique dans laquelle il n'apparaît que des harmoniques impairs jusqu'au 5e ordre.*

1. On divise la demi-période en six parties égales et l'on mesure les cinq ordonnées y_1 y_2 y_3 y_4 y_5, y_0 et y_6 étant respectivement égales à zéro.

2. On dispose ces ordonnées comme ci-dessous :

	y_1	y_2	y_3
	y_5	y_4	
donnant par addition	s_1	s_2	s_3
et par soustraction	d_1	d_2.	

3. Groupement pour 3 harmoniques : $s_1 - s_3 = r_1$.

4. Prenant alors les nombres ci-dessus convenablement appropriés, on les met à leurs places respectives dans le tableau ci-dessous *en multipliant chacun d'eux par le sinus inscrit dans la colonne à gauche de son inscription.*

SINUS D'ANGLES.	TERMES EN SINUS. 1er et 5e HARMONIQUES.	3e HARMONIQUE.	TERMES EN COSINUS. 1er et 5e HARMONIQUES.	3e HARMONIQUE.
Sin 30° = 0,500	s_1		d_2	
Sin 60° = 0,866	s_2		d_1	
Sin 90° = 1,000	s_3	r_1	..	$- d_2$
Totaux :				
1res colonnes	..	..	..	..
2es colonnes	..		..	
Sommes	$3A_5$		$3B_5$	
Différences	$3A_1$	$3A_3$	$3B_1$	$3B_3$

5. *Résultat* : $y = A_1 \sin \theta + A_3 \sin 3\theta + A_5 \sin 5\theta + B_1 \cos \theta + B_3 \cos 3\theta + B_5 \cos 5\theta$.

6. Vérification du résultat par les règles :

$$A_1 - A_3 + A_5 = y_3 ; \quad B_1 + B_3 + B_5 = 0$$

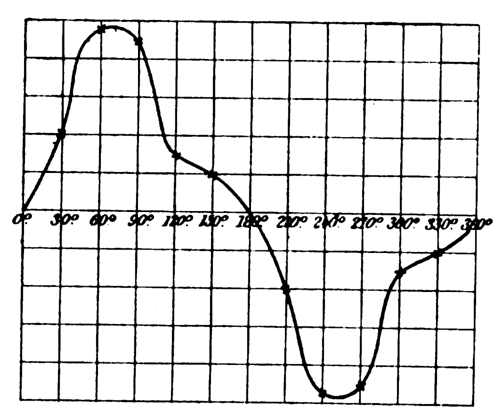


Fig. 2. — Courbe à harmoniques impairs jusqu'au 5°.

Exemple. — Soit la courbe (fig. 2) présentant les ordonnées suivantes :

$y_0 = 0$; $y_1 = 4$; $y_2 = 9{,}5$; $y_3 = 9$; $y_4 = 3$; $y_5 = 2$; $y_6 = 0$.

Disposition :	4	9,5	9
	2	3	
Addition :	6	12,5	9
Soustraction :	2	6,5.	

Groupement pour troisième harmonique : 6 — 9 = — 3.

Inscription et multiplication par les sinus :

SINUS D'ANGLES.	TERMES EN SINUS. 1ers et 5e HARMONIQUES.	TERMES EN SINUS. 3e HARMONIQUE.	TERMES EN COSINUS. 1ers et 5e HARMONIQUES.	TERMES EN COSINUS. 3e HARMONIQUE.
Sin 30° = 0,500	3		3,25	
Sin 60° = 0,866	10,7		1,73	
Sin 90° = 1,000	9	— 3		— 6,5
Totaux :				
1res colonnes . .	12	— 3	3,23	— 6,5
2es colonnes . .	10,7		1,73	
Sommes	22,7	— 3	4,98	— 6,5
Différences	1,3		1,52	
Division par 3 . .	$A_1 = 7{,}57$ $A_5 = 0{,}43$	$A_3 = -1{,}0$	$B_1 = 1{,}66$ $B_5 = 0{,}51$	$B_3 = -2{,}17$

Résultat : $y = 7{,}57 \,.\, \sin \theta - 1{,}0 \,.\, \sin 3\theta + 0{,}43 \,.\, \sin 5\theta + 1{,}66 \,.\, \cos \theta - 2{,}17 \,.\, \cos 3\theta + 0{,}51 \,.\, \cos 5\theta$.

La mise en œuvre de ce procédé, y compris les diverses additions et soustractions, varie approximativement comme le cube du nombre des ordonnées relevées. Si l'on veut obtenir les coefficients jusqu'au 17e ordre, comportant 18 ordonnées, il faut compter sur 70 minutes environ pour effectuer l'analyse complète. Les coefficients jusqu'au 11e ordre, comportant 12 ordonnées, s'obtiennent en 25 minutes à peu près. Quant à ceux nécessaires pour aller jusqu'au 5e ordre seulement avec 6 ordonnées, il ne faut pas 3 minutes, et même, avec un peu d'habitude, 2 minutes suffisent pour les calculer.

L'auteur a préparé pour ses élèves des cadres permettant de pousser des analyses jusqu'au 17e ordre de coefficients. Il est rare, en effet, qu'on se trouve en présence de cas où l'on ait affaire à des harmoniques d'ordre plus élevé ; et, comme, dans le fonctionnement triphasé, les 3e, 9e, 15e et 21e harmoniques sont neutralisés avec l'application de la connexion ordinaire en étoile, les 19e et 23e sont les seuls qu'on pourrait avoir encore à considérer. On les rencontre cependant rarement, sauf dans quelques résonances accidentelles ; le Dr Thornton a toutefois observé le 23e harmonique dans des oscillogrammes relevés sur un alternateur à quatre rainures par phase et par pôle.

Comme exemple final, l'auteur a eu la singulière et curieuse idée de prendre comme courbe le profil du visage de M. Joseph Chamberlain et de le traiter comme la demi-période d'une courbe périodique (fig. 3). Il y a

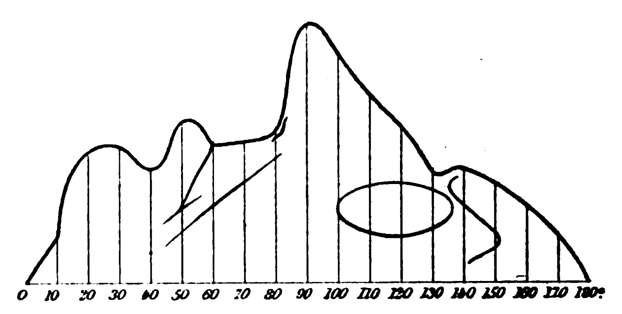


Fig. 3. — Profil Chamberlain. Harmoniques impairs jusqu'au 17e.

fait appliquer par son assistant la méthode d'analyse ici présentée, qui a donné l'équation suivante pour la courbe du profil de cet homme d'État :

$y = 58{,}9 \,.\, \sin \theta + 1{,}3 \,.\, \sin 3\theta + 9{,}3 \,.\, \sin 5\theta - 1{,}4 \,.\, \sin 7\theta + 2{,}7 \,.\, \sin 9\theta - 3{,}2 \,.\, \sin 11\theta + 0{,}7 \,.\, \sin 13\theta - 1{,}6 \,.\, \sin 15\theta + 2{,}5 \,.\, \sin 17\theta + 3{,}4 \,.\, \cos \theta + 2{,}9 \,.\, \cos 3\theta - 5{,}4 \,.\, \cos 5\theta + 2{,}5 \,.\, \cos 7\theta - 4 \,.\, \cos 9\theta - 1{,}1 \,.\, \cos 11\theta + 0{,}4 \,.\, \cos 13\theta + 2{,}4 \,.\, \cos 15\theta - 1{,}2 \,.\, \cos 17\theta$.

STATION CENTRALE

DES

TRAMWAYS ÉLECTRIQUES DE LILLE

ET DE SA BANLIEUE

Le 15 juillet 1902 a été ouvert officiellement à l'exploitation le réseau des Tramways électriques de Lille et de sa banlieue. Cette installation, fort bien étudiée dans tous ses détails, présente des particularités intéressantes

et possède une station génératrice fort remarquée et qui a donné depuis trois ans les meilleurs résultats, ce qui nous engage à en donner une description.

Dispositions générales. — L'usine génératrice produit des courants triphasés à la tension de 5500 volts et à la fréquence de 25 périodes par seconde, qui sont distribués à diverses sous-stations.

Dans ces sous-stations, le courant triphasé est transformé en courant continu à une tension de 500 à 550 volts au moyen de transformateurs et de commutatrices alimentant directement le réseau des tramways.

La puissance de l'usine est de 2500 kw; elle peut atteindre momentanément 3200 kw.

L'ensemble de l'usine génératrice, chaudières, machines à vapeur, alternateurs, tableaux de distribution, câbles, transformateurs, commutatrices, convertisseurs et moteurs, a été exécuté par la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, à Belfort.

I. — STATION CENTRALE

Cette station centrale, située rue Vauban, est divisée en deux bâtiments qui renferment, l'un la chaufferie, et l'autre la salle des machines à laquelle est annexée une sous-station (fig. 1).

Chaufferie. — La chaufferie comprend 9 chaudières à vapeur du type semi-tubulaire, d'une surface de chauffe de 200 m² et timbrées à 11 kg : cm². Ces chaudières sont placées sur une même rangée. Leurs dimensions principales sont les suivantes :

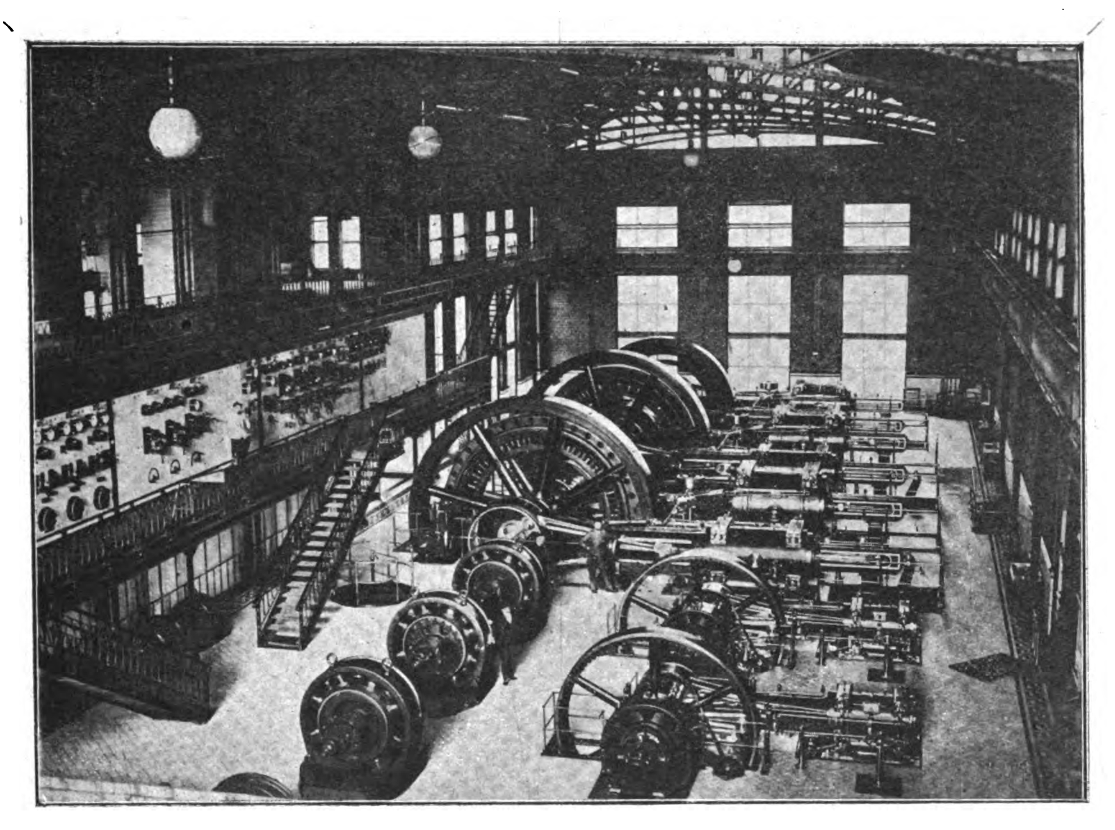


Fig. 1. — Vue d'ensemble de la station centrale des tramways de Lille. (Groupes électrogènes, groupes d'excitation, commutatrices, tableau.)

Diamètre du corps cylindrique, en m	2
Longueur du corps cylindrique, en m.	5,6
Nombre de tubes.	98
Diamètre extérieur des tubes, en mm.	95
Diamètre intérieur des tubes, en mm.	88
Nombre de bouilleurs	2
Diamètre des bouilleurs, en cm.	90
Longueur des bouilleurs, en m	5,8
Surface de la grille, en m².	3,9

Ces chaudières sont du même modèle que celles installées par la Société alsacienne de Constructions mécaniques à la station de Saint-Giniez des tramways de Marseille, ainsi qu'à la station centrale des tramways d'Aix-en-Provence. Elles présentent l'avantage d'avoir un rendement thermique élevé (environ 72 pour 100), ainsi qu'une grande capacité ou réserve d'eau qui pare aux chutes de pression au moment de brusques variations de charge.

Les 9 chaudières sont complétées par 2 réchauffeurs-économiseurs Green, composés chacun de 360 tubes, et par 9 appareils de surchauffe formés chacun par 2 tuyaux collecteurs placés à l'arrière de la chaudière et par 24 tubes en fer sans soudure. Ces tubes forment boucle et sont raccordés aux deux tuyaux collecteurs. Ils ont 50 mm de diamètre extérieur et 42 mm de diamètre intérieur. Ces appareils permettent de surchauffer la vapeur à 275° C environ.

Une seule cheminée sert pour toute la batterie des chaudières et se trouve placée entre les deux groupes d'économiseurs Green.

L'alimentation des chaudières se fait au moyen d'une pompe électrique et d'une pompe à vapeur de rechange. La pompe électrique est à 3 pistons et peut débiter 30 m³ à l'heure au maximum. Elle est commandée électriquement à vitesse variable, ce qui permet d'alimenter les générateurs d'une manière continue, quelle que soit la production de vapeur; l'emploi de la pompe électrique donne lieu à une économie très sensible de vapeur.

La conduite d'alimentation est disposée en forme de boucle fermée. Elle permet l'alimentation des chaudières soit directement, soit par passage préalable dans les réchauffeurs. Les collecteurs d'alimentation sont doubles et les vannes disposées de manière à assurer l'alimentation en toute éventualité.

Le collecteur de vapeur est aussi à boucle fermée, de sorte que chaque machine à vapeur peut être alimentée soit par la droite, soit par la gauche. On peut de cette manière faire une réparation ou un joint à ce collecteur, même pendant la marche de l'usine.

L'eau d'alimentation, épurée au préalable au moyen d'un épurateur Desrumeaux, passe par un compteur pour arriver à la citerne d'aspiration des pompes. Toute la tuyauterie d'alimentation et de vapeur est disposée sur le dessus de la batterie, des passerelles et escaliers sont aménagés pour permettre la circulation facile du personnel et la manœuvre aisée de toutes les vannes.

Des précautions minutieuses ont été prises pour permettre la libre dilatation de toutes les conduites.

Les services d'amenée du charbon à la chaufferie et d'enlèvement des cendres, aménagés par les soins de la Compagnie des Tramways, méritent une mention particulière : Le charbon est emmagasiné dans des soutes établies sur un bâti spécial et pouvant emmagasiner 1800 tonnes. Il est déchargé des voitures dans des fosses à trémies et distribué dans les soutes par une chaîne à godets formant circuit complet du plan vertical. Les prises journalières sont prélevées des soutes par des trémies latérales et des wagonnets aériens circulant dans la chaufferie sur monorail. Les cendres sont enlevées par des trémies placées sous les chaudières en sous-sol et prises par des wagonnets à monorails qui les transportent par la chaîne à godet ci-dessus dans une soute spéciale, d'où elles sont chargées sur voitures. Le transporteur de charbon peut débiter 30 tonnes à l'heure.

L'eau pour la condensation est amenée à l'usine depuis le canal de la Deule par une conduite de 90 cm de diamètre et distribuée aux puits d'injection des machines. L'eau chaude s'écoule par un caniveau placé à l'arrière des chaudières. Un canal spécial prend les eaux de purge et est muni de cheminées de tirage et de regards permettant de vérifier et de régler le débit de toutes les purges.

Salle des machines. — La salle des machines a 50 m de longueur, 19 m de largeur et 20 m de hauteur. Comme celle des chaudières, elle est formée d'une ossature métallique avec garnissage de briques. Son sol est surélevé de 3,25 m au-dessus du sol extérieur. Elle comprend :

2 groupes électrogènes de 900 kw chacun, 1 groupe de 450 kw, 2 groupes électrogènes d'excitation de 50 kw chacun, 1 convertisseur de 50 kw destiné à l'éclairage électrique, 1 tableau de distribution et 1 pont roulant de 30 tonnes à commande électrique.

Groupes électrogènes de 900 kw. — Chaque groupe se compose d'une machine à vapeur et d'un alternateur triphasé accouplé directement sur l'arbre de la machine.

La *machine à vapeur* horizontale est du type « Corliss » compound à deux cylindres à haute et basse pression, placés parallèlement sur deux bâtis séparés et agissant sur deux manivelles calées à 90° environ l'une par rapport à l'autre, aux deux extrémités de l'arbre moteur. Elle est à condensation de la puissance normale de 1350 chevaux indiqués et présente les dimensions principales suivantes :

Diamètre du cylindre à haute pression, en m . .	0,7
Diamètre du cylindre à basse pression, en m . .	1,28
Course des pistons, en m	1,4
Vitesse angulaire, en t : m	75

Le groupe électrogène marchant à condensation peut développer à la vitesse angulaire de 75 tours par minute, avec une pression initiale au petit cylindre pendant l'admission de 10 kg : cm², de 700 à 1000 kw, suivant le degré d'admission.

La distribution se fait au grand et au petit cylindre par quatre obturateurs circulaires, dont deux sont situés dans le haut du cylindre pour l'admission avec déclics, et deux dans le bas pour l'échappement de la vapeur.

Le régulateur agit sur les déclics du grand et du petit cylindre. Ces cylindres sont pourvus d'enveloppes de vapeur chauffées par la vapeur d'admission.

Les bâtis du type à baïonnette à glissières alésées, forment entretoises entre les cylindres et les paliers moteurs; ces derniers, fortement dimensionnés, sont munis de larges coussinets en fonte garnis de métal antifriction, en quatre parties, avec serrage latéral, par deux fortes vis à contre-écrous.

L'arbre moteur est en acier Martin, ainsi que les bielles, les manivelles, les tourillons de manivelles et les organes de mouvement de distribution. Sur l'arbre se trouve, en outre de l'inducteur, un volant de 40 tonnes.

Le coefficient d'irrégularité est de 1/450 sous charge normale. Le régulateur agit sur la distribution du petit cylindre et du grand cylindre, de manière à permettre de faire varier l'admission entre 0 et 50 pour 100 de la course au petit cylindre et de 10 à 45 pour 100 au grand cylindre. Ce régulateur est du type pendulaire avec ressort antagoniste et possède un contrepoids actionné par un moteur électrique et qui se déplace de façon à modifier la vitesse de la machine. Cette manœuvre peut être exécutée pendant la marche depuis le tableau de distribution. En cas de rupture de la commande du régu-

lateur, un dispositif de sécurité arrête instantanément et automatiquement l'admission.

Le condenseur est placé verticalement sous le sol et actionné depuis la tige du piston au moyen d'une bielle et d'un levier prenant appui sur le bâti du condenseur. Une soupape à double siège permet éventuellement de marcher sans condensation, un vireur à vapeur permet de mettre la machine au point de départ.

La machine peut passer brusquement de la marche en charge normale à la marche à vide sans que la vitesse momentanée augmente de plus de 5 pour 100 de la vitesse normale. Cette variation de vitesse entre la marche à vide et la marche à pleine charge ne dépasse pas 2 tours par minute en plus ou en moins de la vitesse normale. Le rendement organique de la machine à vapeur est de 90,4 pour 100 à pleine charge, 91,3 pour 100 en surcharge et 81,8 pour 100 à demi-charge.

Alternateurs. — Chaque alternateur se compose d'un induit fixe et d'un inducteur mobile calés directement sur l'arbre de la machine à vapeur. L'induit est constitué par un grand anneau formé de tôles en fer doux et porté par une carcasse en fonte en deux parties. La partie externe de cette carcasse forme un caisson de grande hauteur qui assure la rigidité de l'induit. Les tôles ont 5 mm d'épaisseur et présentent 360 cannelures dans lesquelles est logé l'enroulement induit. La ventilation est assurée par 4 évents disposés dans des plans perpendiculaires à l'axe de l'induit. L'enroulement induit est constitué par 3 séries de 20 bobines, chaque bobine occupant 6 entailles. Ces bobines, isolées au taffetas, sont placées dans des capotes en micanite épousant la forme des entailles, et sont maintenues dans les cannelures par des cales en bois dur, qui viennent s'engager dans des rainures ménagées dans les dents de l'induit (fig. 2).

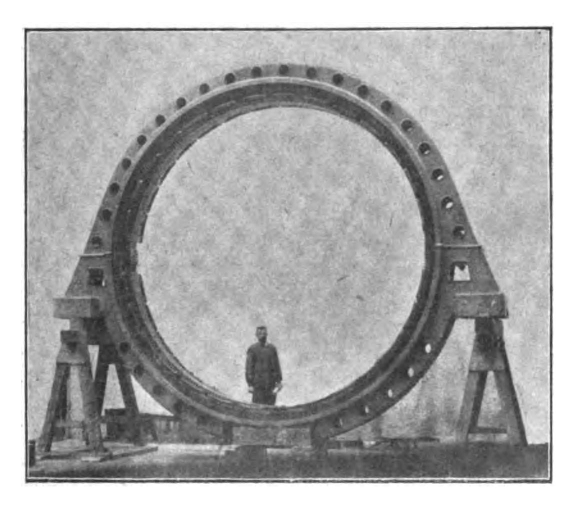


Fig. 2. — Induit de l'alternateur de 900 kw.

L'inducteur se compose d'une couronne en fonte en deux parties, portant 40 pôles rapportés. Chaque pièce polaire est formée de tôles d'acier doux, découpées à la presse, assemblées et serrées par des rivets ; une clavette traverse le pôle et permet sa fixation sur la jante au moyen de forts boulons. Un frein spécial empêche tout desserrage du boulon après sa mise en place. L'enroulement inducteur de chaque pôle se compose de 53 spires de fil de cuivre électrolytique méplat de grande conductibilité. Le courant continu est amené à l'enroulement inducteur au moyen de deux paires de balais en cuivre frottant sur un collecteur, formé par deux bagues isolées en bronze phosphoreux maintenues par un anneau en fonte et reliées aux deux extrémités de l'enroulement inducteur.

Le remplacement d'une bobine induite se fait avec la plus grande facilité et sans qu'on ait à démonter l'induit. Il suffit pour cela d'enlever deux pôles inducteurs, par simple déboulonnage.

Les données principales de ces alternateurs sont les suivantes :

Données générales.	
Puissance apparente, en kv-a.	1000
Vitesse angulaire, en t:m	75
Fréquence, en périodes:s	25
Tension aux bornes, en volts	5500
Courant normal dans chaque branche, en A	105
Entrefer moyen, en mm	11
Induit.	
Nombre total de cannelures	360
Nombre de cannelures par bobine	6
Nombre de fils par bobine (2 fils en parallèle) . . . 2 . 6 =	12
Diamètre du fil nu, en mm	5,2
Diamètre du fil isolé, en mm	5,8
Montage des 20 ondes d'une section	En série.
Montage des 3 sections	En étoile
Inducteur.	
Nombre de pôles	40
Nombre de spires par pôle	53
Section du conducteur cuivre méplat nu, en mm.	32,2 . 3,33
Isolement, en mm	0,5
Courant maximum d'excitation, en A	210
Résistance du circuit inducteur, en ohms	0,474
Poids total de l'alternateur, en tonnes	41
Rendements, en centièmes.	
Pleine charge	95,8
Surcharge	96
Demi-charge	93,5

Ces alternateurs ont été essayés à l'usine à une tension de 20 000 volts entre conducteurs et la masse. La valeur de l'isolement à la masse a été trouvée égale à 350 000 ohms. Ils sont prévus pour pouvoir marcher pendant deux heures avec une surcharge de 25 pour 100 et pendant 30 minutes avec une surcharge de 50 pour 100.

Groupe électrogène de 450 kw. — La machine à vapeur horizontale est du type *Corliss* compound à deux cylindres à haute et basse pression, semblable, quant à la forme, à celles des groupes de 900 kw. Elle possède une puissance normale de 700 chevaux indiqués, correspondant à environ 625 chevaux effectifs et présente les dimensions principales suivantes :

Diamètre du cylindre à haute pression, en cm.	51
Diamètre du cylindre à basse pression, en cm.	95
Course des pistons, en m	1,4
Vitesse angulaire, en t:m	75



L'ensemble, marchant à condensation, développe à la vitesse indiquée, avec une pression initiale au petit cylindre pendant l'admission de 10 kg : cm² et un degré d'admission de :

	18	24	27 pour 100 de la course.
Environ . . .	600	700	780 chevaux indiqués.
Soit environ .	355	425	475 kw aux bornes de la dynamo.

Les pistons à vapeur, de construction légère, sont à longue portée pour empêcher l'ovalisation des cylindres; les cylindres et les tôles sont recouverts d'une enveloppe en tôle d'acier lustrée, servant en même temps à maintenir le calorifuge.

Le volant d'un poids approximatif de 26 tonnes permet d'obtenir un coefficient d'irrégularité de 1/450 sous charge normale.

Le régulateur est identique à ceux des groupes de 900 kw et permet d'obtenir une variation de vitesse entre la marche à vide et la marche en charge, ne dépassant pas 2 tours par minute en plus ou en moins de la vitesse normale. Un dispositif de sécurité arrête instantanément et automatiquement l'admission en cas de rupture de la commande du régulateur.

Le rendement organique de cette machine à vapeur est de 88,4 pour 100 à pleine charge et de 48 pour 100 à demi-charge.

L'alternateur est de construction analogue à ceux des groupes précédents. La ventilation de l'induit est assurée par deux évents.

Les données principales de cet alternateur sont les suivantes :

Puissance, en kv-A.	500
Vitesse angulaire, en t : m	75
Fréquence, en périodes : s	25
Tension aux bornes, en volts	5500
Courant normal dans chaque branche, en A . . .	52,5
Entrefer moyen, en mm	11
Induit.	
Nombre total des cannelures.	360
Nombre de cannelures par bobine.	6
Nombre de fils par bobine	12
Diamètre du fil nu, en mm	5,2
Diamètre du fil isolé, en mm	5,8
Montage des 20 ondes d'une section	En série.
Montage des 3 sections	En étoile.
Inducteurs.	
Nombre de pôles.	40
Nombre de spires par pôle	78
Section du conducteur cuivre méplat nu, en mm.	32,8 . 2,13
Isolement, en mm	0,4
Courant maximum d'excitation, en A	135
Résistance du circuit inducteur, en ohms	0,845
Poids total de l'alternateur, en tonnes	29,5
Rendements, en centièmes.	
Pleine charge	94,9
Demi-charge.	93,4

Cet alternateur, essayé à une tension de 15 000 volts entre les conducteurs et la masse, peut supporter une surcharge de 25 pour 100 pendant 2 heures et 50 pour 100 momentanément.

Courbes de force électromotrice. — Les courbes de ces alternateurs ont été relevées à l'oscillographe Blondel; elles sont aussi satisfaisantes que possible et ne présentent aucune déformation appréciable même sous l'influence

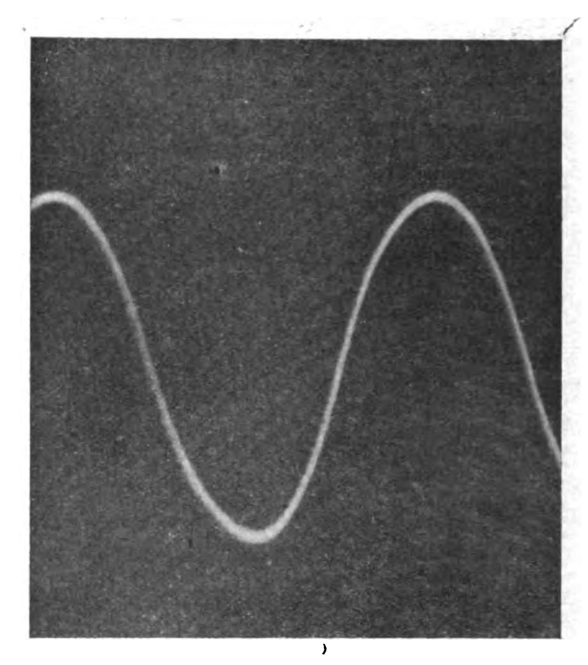


Fig. 3. — Courbe de force électromotrice des alternateurs de 900 kw sur la capacité du réseau.

de la capacité importante du réseau de câbles assez étendu sur lequel ils travaillent (fig. 3).

Groupes d'excitation de 50 kw. — L'excitation des dynamos génératrices est obtenue au moyen de deux groupes électrogènes composés chacun de :

1° Une machine à vapeur horizontale à un cylindre, à condensation, ayant les dimensions principales suivantes :

Diamètre du cylindre, en cm	37
Course des pistons, en cm.	80
Vitesse angulaire, en t : m	100

Cette machine, marchant à condensation, développe à la vitesse de 100 tours par minute avec une pression initiale au cylindre pendant l'admission de 6 kg : cm² et un degré d'admission à ce cylindre de :

	7	10	13	17 centièmes de la course.
Environ . . .	59	74	92	105 chevaux indiqués sur pistons.
Soit environ .	34	45	55	63 kw aux bornes de la dynamo.

La distribution se fait au cylindre au moyen du système de détente *Corliss*, commandé par un régulateur *Proell* à grande vitesse et permettant des admissions variant de 0 à 50 pour 100 de la course du piston. Le cylindre est pourvu d'une enveloppe chauffée par la vapeur directe. Une soupape à double siège permet d'évacuer, soit au condenseur, soit à l'air libre.

2° Une dynamo à courant continu, calée directement sur l'arbre de la machine à vapeur. Le corps de l'induit est composé de tôles de fer reposant sur un croisillon en fonte à plusieurs bras. Deux plateaux d'extrémité en fonte serrent, au moyen de forts boulons, ces tôles iso-

lées les unes des autres par du papier parcheminé très fin. Entre ces tôles on a ménagé des évents assurant la ventilation de l'induit. La partie extérieure de l'armature de l'induit présente des cannelures dans lesquelles vient se loger l'enroulement. Ce dernier se compose de barres de cuivre de haute conductibilité pliées sur gabarit, et soigneusement isolées des tôles par du mica et du press-spahn (carton lustré et comprimé très isolant). Le collecteur est formé par 288 secteurs isolés les uns des autres par du mica et connectés aux barrettes par l'intermédiaire d'ailettes en cuivre. Les balais sont en charbon graphitique et ne nécessitent aucun décalage entre la marche à vide et la marche à pleine charge. La culasse en acier doux supporte les noyaux portant les épanouissements polaires. Chaque noyau peut facilement être retiré parallèlement à l'axe de la dynamo, permettant ainsi un démontage rapide d'une bobine. Les données principales de cette dynamo sont :

Vitesse angulaire, en t:m.	100
Nombre de pôles.	8
Tension aux bornes, en volts	115
Courant disponible, en A	450 à 600
Nombre d'entailles de l'induit.	144
Enroulement induit :	
Paires de barres de 1,8 . 1,5 par entaille.	4
Tours en quantité entre deux secteurs	2
Enroulement inducteur :	
Nombre de spires par bobine de fil de cuivre de 5 mm nu ; isolé à 5,5 mm.	250

L'isolement des enroulements par rapport à la masse a été éprouvé à l'usine par l'application d'une tension de 2000 volts pendant une demi-heure. La valeur de l'isolement à la masse a été trouvée égale à 300 000 ohms. Cette dynamo peut supporter une surcharge de 20 pour 100 pendant 1 heure et de 40 pour 100 momentanément.

Moteur-générateur de 50 kilowatts. — Un moteur-générateur de 50 kw composé d'un moteur asynchrone triphasé et d'une génératrice à courant continu, est destiné à assurer l'éclairage électrique et le fonctionnement des petits moteurs auxiliaires pendant la marche des grosses unités. Après l'arrêt des grosses machines ou en cas de réparation, on peut lui substituer l'un des groupes d'excitation.

Le moteur asynchrone est alimenté à 5500 volts. L'induit est à coupleur automatique. Le principe de ce coupleur est le suivant. Sur l'induit sont bobinés deux enroulements triphasés connectés en opposition à l'arrêt. Dès que l'on excite les inducteurs, les deux enroulements induits sont traversés par un courant produit par la résultante des deux forces électromotrices en opposition. Cette force électromotrice résultante, due uniquement au décalage des enroulements est donc plus faible que si les deux enroulements agissaient indépendamment l'un de l'autre. Au moment où le moteur atteint environ les deux tiers de sa vitesse normale, le coupleur déclanche et met les deux enroulements en court-circuit. Dès ce moment l'enroulement est assimilable à un enroulement en court-circuit composé de deux parties en parallèle montées en étoile, et le fonctionnement est le même que celui d'un moteur de construction courante. Ce coupleur automatique supprime donc l'emploi d'un rhéostat de démarrage dans le circuit induit.

La génératrice à courant continu est accouplée au moteur au moyen d'un manchon en cuir. Les principales données de ce convertisseur sont :

Données générales.

Tension, en volts.	5500
Fréquence, en périodes:s	25
Puissance, en chevaux	75
Vitesse angulaire à vide, en t:m	500
Entrefer, en mm.	1,5

Stator

Nombre total de cannelures.	54
Dimension des cannelures, en mm	20 . 53
Nombre de fils par cannelure.	90
Diamètre du conducteur nu, en mm	1,9
Diamètre du conducteur isolé, en mm	2,4
Montage des 3 ondes d'une section.	En série.
Montage des 3 phases.	En étoile.
Nombre de canaux de ventilation	2

Rotor.

Tension, en volts.	275
Courant normal, en A.	129
Nombre de cannelures.	126
Dimension des cannelures, en mm	7 . 40
Nombre de barres par entaille	2
Dimension des barres (2,2 . 2,2).	7,5

L'isolement des enroulements de ce moteur par rapport à la masse a été éprouvé à l'usine par l'application d'une tension de 11 000 volts pendant un quart d'heure. L'isolement à la masse a été trouvé égal à 4 mégohms.

Génératrice.

Tension, en volts.	110
Courant normal, en A	450
Vitesse angulaire, en t:m.	500
Puissance, en kw.	50
Nombre de pôles.	6

Induit.

Nombre d'entailles de 8 . 29.	110
Nombre de paires de barres de 2,2 . 12.	220
Tour entre deux secteurs.	1
Nombre de secteurs au collecteur.	220

Inducteur.

Fil, en mm	3,1
Nombre de spires par bobine.	400
Résistance totale des inducteurs, en ohms.	5,66

L'essai à l'usine entre conducteurs et la masse a été fait sous une tension de 1000 volts.

Ce moteur-générateur a été prévu pour pouvoir supporter une surcharge de 20 pour 100 pendant une heure et de 40 pour 100 momentanément sans échauffement dangereux pour sa conservation.

Tableau de distribution. — Le tableau général de distribution fait face aux machines et occupe un des grands côtés de la salle des machines. Il comporte deux étages. Le premier étage comprend le tableau proprement dit, surélevé de 3,5 m au-dessus du niveau de la salle. Le second étage permet d'accéder aux interrupteurs à haute tension ainsi qu'aux coupe-circuits fusibles. Les inter-

rupteurs à haute tension à main sont manœuvrés depuis le tableau au moyen de leviers. Le tableau de distribution comprend en réalité 5 tableaux se faisant suite. Les trois tableaux de gauche sont ceux de la station centrale (fig. 4) et les deux tableaux de droite desservent la sous-station (fig. 5).

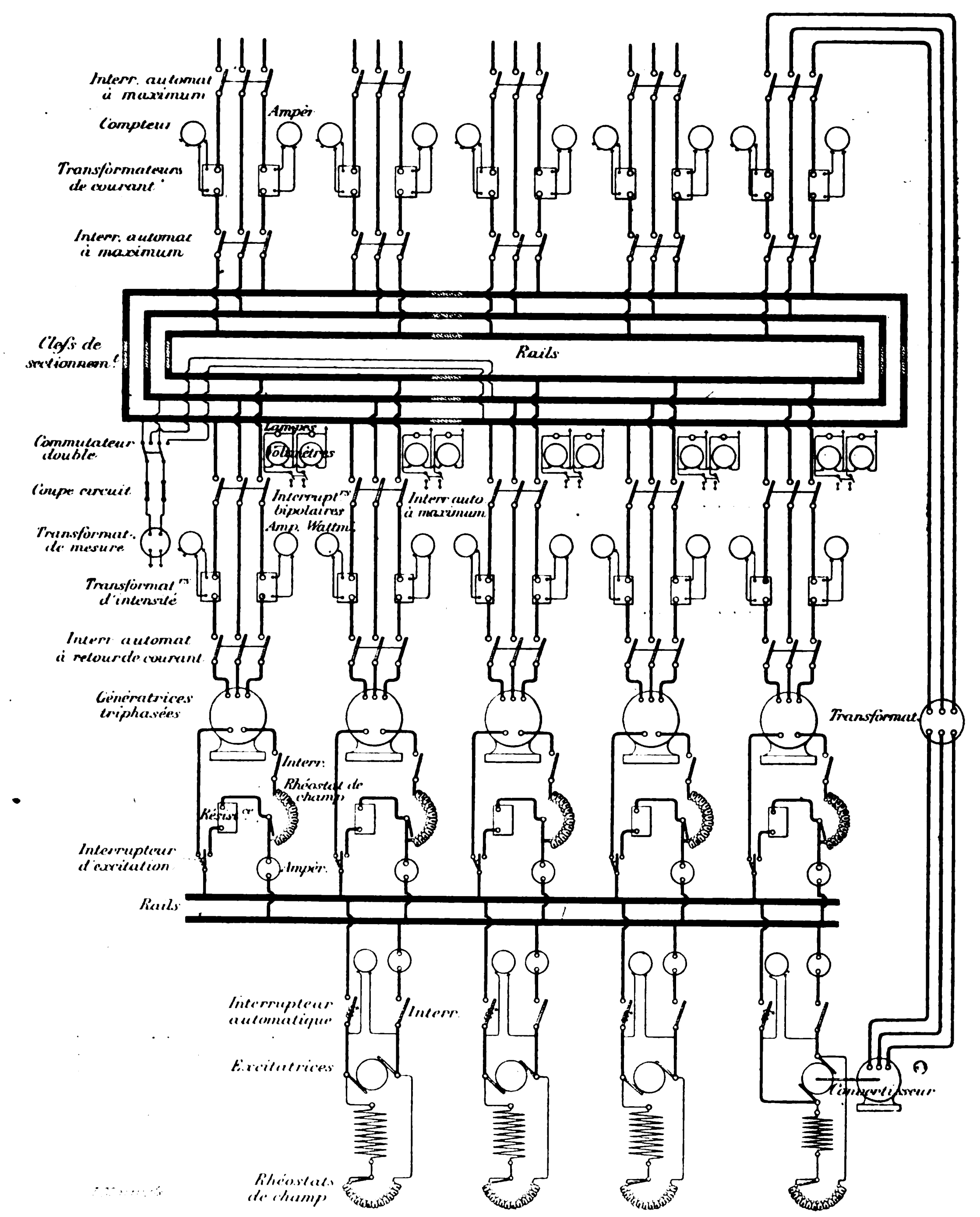


Fig. 4. — Schéma de la station centrale.

Le premier tableau de gauche est le tableau de départ des feeders haute tension allant aux diverses sous-stations. Il comprend 5 panneaux de marbre dont 3 seulement sont actuellement utilisés pour les départs aux sous-stations d'Arras, d'Ypres et du Lion d'Or. Chacune de ces sous-stations est alimentée par deux câbles armés à 3 conducteurs.

Cette précaution permet, en cas d'accident à l'un des câbles de procéder aux réparations sans nuire au fonctionnement de la sous-station. Ces 3 panneaux comprennent chacun :

2 Interrupteurs à haute tension à main, 2 Ampèremètres Ferraris 100 ampères, 1 Compteur Ferraris, 2 Contrôleurs d'interrupteurs automatiques.

Au deuxième étage se trouvent pour chaque panneau : 2 Interrupteurs à maxima haute tension, des transforma-

teurs d'intensité et de tension pour les appareils Ferraris et des coupe-circuits haute tension dans des tubes de verre.

Le *deuxième tableau* comprend 7 panneaux de marbre : 3 panneaux desservent les alternateurs et 1 panneau sert de départ général pour le courant triphasé haute tension Ce dernier panneau comprend : 2 Voltmètres Ferraris, 1 Compteur Ferraris, 1 Tâteur à 3 fils, 1 Commutateur.

Les 3 panneaux des alternateurs comprennent chacun : 1 Ampèremètre Ferraris, 1 Ampèremètre Weston, 1 Wattmètre Ferraris, 1 Contrôleur d'interrupteur automatique, 1 Tâteur à trois fils, 1 Interrupteur haute tension à main, 1 Interrupteur d'excitation avec résistance, 1 Interrupteur d'excitation à rupture lente, 1 Appareil à touches relié à une cage de résistance disposée derrière le tableau, et enfin 1 Commutateur de commande des moteurs de régulateurs des machines à vapeur.

Le *troisième tableau*, formé aussi par 7 panneaux de marbre, comprend : 2 panneaux d'excitatrice, 1 panneau pour le convertisseur d'éclairage et 1 panneau de départ pour le départ pour la sous-station Vauban.

Sur chaque panneau d'*excitatrice* se trouvent : 1 Voltmètre Weston, 1 Ampèremètre Weston de 600 ampères, 1 Interrupteur automatique, 1 Interrupteur simple et 1 Appareil à touches relié à une cage de résistance disposée derrière le tableau.

Le panneau du moteur-générateur comprend : 1 Ampèremètre Ferraris, 1 Voltmètre, 1 Ampèremètre Weston, 1 Interrupteur automatique de 1000 ampères, 1 Interrupteur simple, 1 Interrupteur haute tension, 1 Appareil à touches avec résistance derrière le tableau.

Le panneau pour la *Station Vauban* est constitué par : 2 Voltmètres, 1 Ampèremètre Ferraris, 1 Compteur Ferraris, 1 Contrôleur d'interrupteurs automatiques, 1 Interrupteur haute tension, 1 Tâteur, 2 Appareils à touches avec résistance derrière le tableau.

Sur chaque panneau de ces 3 tableaux se trouve en outre une lampe témoin s'allumant quand les automatiques haute tension déclanchent. Les deux tableaux de la sous-station seront décrits un peu plus loin.

Couplage des alternateurs. — Grâce aux dispositions spéciales prises par la Société Alsacienne, ce couplage est remarquablement facile et, une fois obtenu, il se maintient parfaitement avec un très faible courant d'échange entre alternateurs. Le couplage en parallèle exige la réalisation des conditions suivantes :

1° Égalité de vitesse;
2° Égalité de tension;
3° Concordance de phase.

Le réglage de l'égalité de vitesse est effectué au moyen d'un petit moteur triphasé commandé depuis le tableau par un interrupteur à 2 directions. Ce petit moteur fixé sur la partie supérieure du contrepoids actionne un écrou qui se déplace le long d'une vis fixée à la balance et qui entraîne avec lui le contrepoids du régulateur. L'égalité de tension est obtenue au moyen des rhéostats d'excitation. Enfin la concordance de phases est constatée au moyen de 2 voltmètres de couplage et de deux lampes de phase. Toutes les manœuvres peuvent être faites au tableau même, avec la plus grande commodité et sans qu'il soit nécessaire de communiquer avec les mécaniciens chargés de la conduite des machines.

Départ des câbles. — Les câbles sont du type sous plomb avec armature en feuillard; ils sont composés de 3 conducteurs de cuivre de haute conductibilité, isolés au jute, imprégnés et torsadés avec interposition d'un remplissage, de façon à former un toron cylindrique que l'on recouvre ensuite d'un tube de plomb, d'une couche de chanvre, d'une double enveloppe de feuillard et enfin d'une couche de chanvre goudronné. Ces câbles arrivent aux panneaux du tableau en passant dans des caniveaux prévus à cet effet dans le sol de la salle des machines. Les câbles de départ partent des interrupteurs à haute tension du second étage; ils longent intérieurement le mur de la salle des machines et arrivent dans un couloir d'où ils s'engagent dans le sol. Ces câbles peuvent donc être visités jusqu'à leurs points extrêmes de départ.

II. — SOUS-STATION ANNEXE A LA STATION CENTRALE

La sous-station qui fait suite à la salle des machines comprend : 10 transformateurs à courants alternatifs simples, 3 commutatrices, 1 groupe de démarrage et 1 tableau de distribution.

Transformateurs. — Les transformateurs réducteurs à courants alternatifs simples, au nombre de 10, sont disposés sur une même ligne, en arrière du tableau, mais au même niveau que le sol de la salle des machines. 9 sont en fonctionnement, le dernier servant de rechange au cas où un accident en mettrait un hors de service. Ils sont réunis électriquement par groupes de 3 et constituent ainsi 3 transformateurs triphasés. Ils sont alimentés par le courant des génératrices et en abaissent la tension à 400 volts environ. C'est ce courant qui alimente les 3 commutatrices. Les enroulements haute tension des transformateurs recouvrent la basse tension, et en sont soigneusement isolés au moyen d'un fort tube en micanite comprimé. Leur ventilation se fait par la partie inférieure au moyen de deux ventilateurs placés aux deux extrémités de leur rangée et qui envoient l'air dans un large conduit amenagé sous les transformateurs. Chaque ventilateur est suffisant pour ventiler tous les transformateurs. Les principales données de ces transformateurs sont les suivantes :

Basse tension : 400 volts, 375 ampères.

Nombre de divisions par noyau	1
Nombre de spires par bobine.	102
Section du cuivre rectangulaire 12.18,5 nu, isolé à 13,5.20. Montage des deux colonnes. .	En parallèle.



Haute tension : 5500 volts, 28 ampères.

Nombre de divisions par noyau	4
Nombre de divisions par bobine	3
Nombre de spires par bobine	175
Nombre de spires par noyau	700
Section du fil nu, en mm	5,5
Section du fil isolé, en mm	6,1
Montage des 4 bobines d'une colonne	En série.
Montage des deux colonnes	En série.

Ces transformateurs ont été essayés à 16 500 volts entre les bornes des deux enroulements et à 11 000 volts entre les enroulements et la masse.

Commutatrices. — Les commutatrices sont à 8 pôles. Elles reçoivent le courant des transformateurs et alimentent directement la ligne de trolley des tramways.

Elles possèdent une excitation compound, ce qui leur permet de fournir un courant à tension sensiblement constante, malgré les variations continuelles de charge que présente le réseau de tramways.

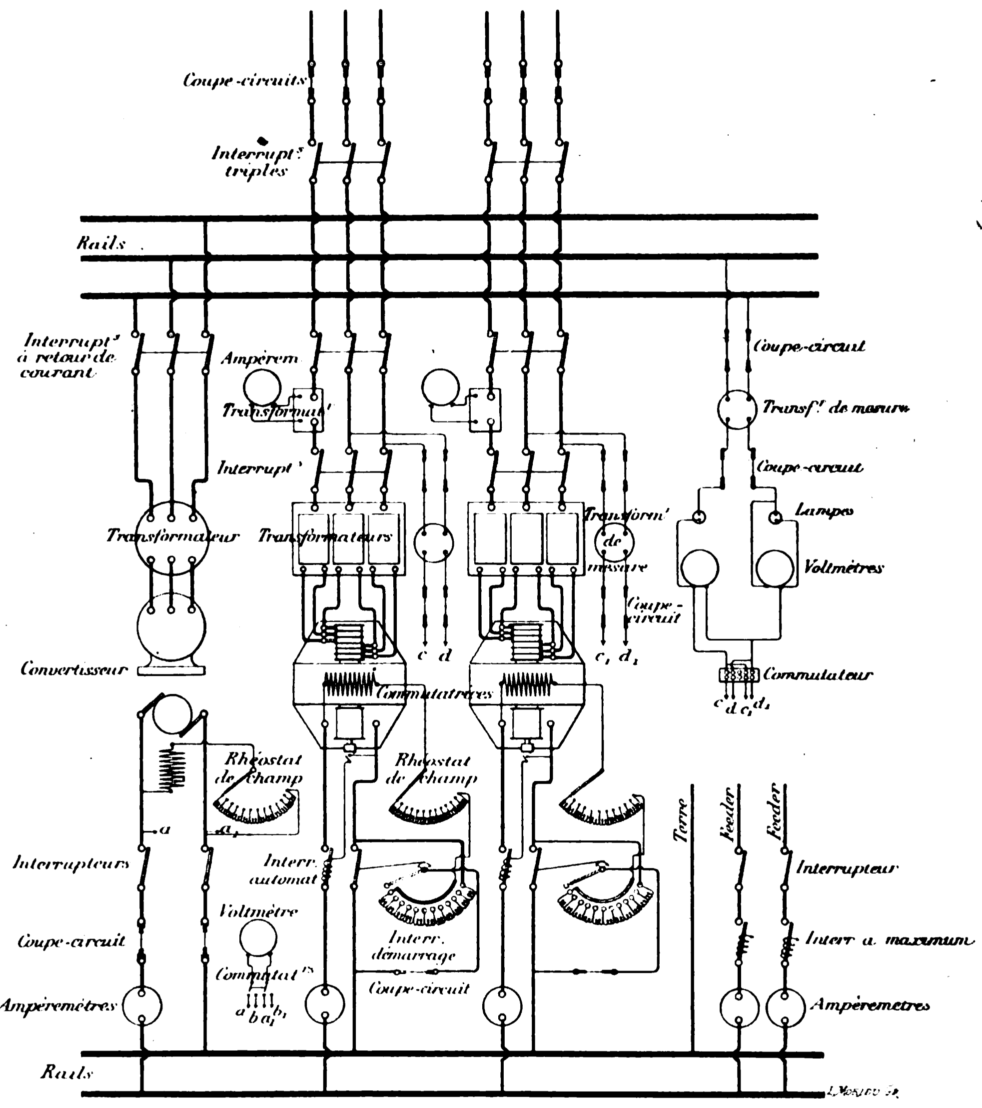


Fig. 5. — Schéma des sous-stations.

Les inducteurs de ces commutatrices (fig. 6) sont constitués par une couronne en acier de haute perméabilité portant intérieurement les noyaux auxquels sont fixés les bobines et les épanouissements polaires. Les bobines sont enroulées séparément sur des carcasses interchangeables.

L'induit est du type à rainures. L'enroulement est composé de barres de cuivre pliées au gabarit qui viennent se souder directement l'une à l'autre et au collecteur sans aucune pièce intermédiaire, de manière à réduire au minimum le nombre de soudures et réaliser un enroulement dont toutes les parties sont absolument symétriques.

L'induit porte d'un côté 6 bagues et de l'autre un collecteur. Ces commutatrices sont en effet alimentées par courant à six phases; cette disposition, réalisée à l'aide de connexions d'un genre spécial entre les transformateurs, permet d'obtenir une plus grande puissance spécifique et un rendement meilleur; elle est employée par la Société Alsacienne depuis de longues années et a

donné dans les grandes installations exécutées par cette Société des résultats remarquables tant au point de vue du rendement que des surcharges supportées par les commutatrices.

Voici les constantes principales de ces commutatrices: Nombre de pôles 8, tension courant alternatif en volts 400, tension courant continu en volts : 525 à 575, puissance 400 kw en marche normale. Vitesse angulaire en tours par minute : 375.

La tension continue augmente avec la charge. Ce résultat ne saurait être obtenu par la commutatrice, laquelle donne un rapport de tension fixe entre le courant triphasé qu'elle reçoit et le courant continu qu'elle débite. Il est obtenu par un compoundage des commutatrices agissant sur la self-induction des transformateurs complétée par celle des bobines de self spéciales disposées entre les transformateurs et les commutatrices. Cela étant, l'excitation des commutatrices est calculée de telle façon que le courant triphasé soit déphasé en retard sur la tension lorsque la commutatrice débite un faible courant; au fur et à mesure que le débit augmente, l'excitation augmente aussi de sorte que le déphasage diminue, passe par zéro et devient finalement déphasé en avance; le résultat est que la tension triphasée fournie à la commutatrice, d'abord réduite par l'effet de la commutatrice, est au contraire augmentée lorsque le courant est déphasé en avance de la tension au lieu d'être déphasé en retard.

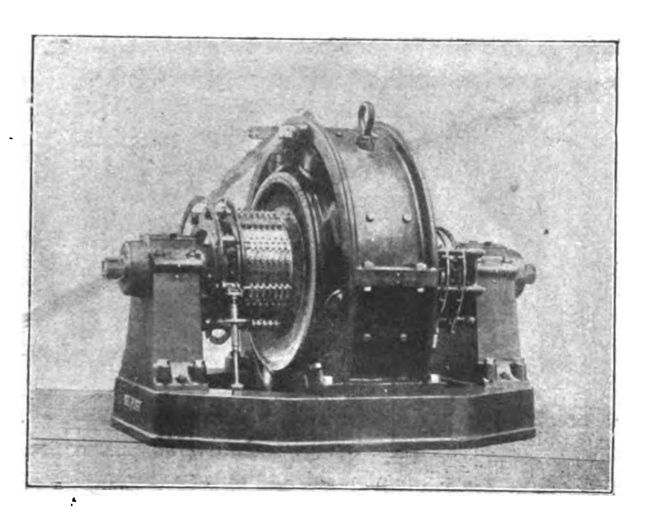


Fig. 6. — Commutatrice hexaphasée de 400 kw.

Induit. — 240 entailles de 10×30, 2 paires de barres par entailles. Section des barres 2,7×12 mm. 1 tour entre deux secteurs en quantité.

Collecteur de 480 secteurs.

Inducteurs. — Fil shunt de 2 mm nu isolé à 2,45 mm, 1500 spires par bobine, compound, barres de 7×80 mm, 5,5 spires par bobine.

Ces commutatrices ont une puissance normale de 400 kw, mais elles peuvent fournir une puissance de 600 kw pendant une heure et 750 kw pendant de courts instants sans qu'il se produise d'arcs aux balais, ni d'étincelles nuisibles au collecteur. Elles sont tout à fait remarquables comme rendement et comme élasticité de marche, et ont souvent réalisé sans le moindre inconvénient des surcharges de 100 pour 100.

Groupe de démarrage. — Le démarrage des grosses commutatrices par le côté triphasé donnerait lieu à une forte demande de courant en quadrature (déwatté) sur les alternateurs et exigerait des rhéostats de démarrage volumineux. Le démarrage par courant continu est par contre très facile et c'est ce mode de démarrage qui a été le plus souvent adopté. Généralement on obtient le courant continu à environ 500 volts nécessaire à l'aide d'un moteur-générateur. Dans plusieurs de ses installations, la Société Alsacienne obtient ce courant continu au moyen d'un transformateur réducteur triphasé et d'une petite commutatrice. Les appareils employés à Lille ont une puissance normale de 20 kw, mais peuvent développer momentanément le double. On fait démarrer ce groupe en envoyant du courant triphasé à la commutatrice. Comme les appareils employés sont faibles et que le transformateur a une self-induction considérable, le courant de démarrage est extrêmement faible et ne trouble en rien la tension du réseau triphasé.

Le démarrage des commutatrices est réalisé au moyen d'un rhéostat métallique de démarrage, comme on le fait pour un moteur à courant continu. La commutatrice produit alors du courant triphasé; on règle sa vitesse au moyen du rhéostat de champ de façon à mettre la commutatrice en synchronisme et en concordance de phase avec le courant triphasé venant des alternateurs par l'intermédiaire des transformateurs. On constate cette concordance au moyen de voltmètres et des lampes de phase, on ferme l'interrupteur triphasé, on coupe le courant continu du groupe de démarrage et la commutatrice, alimentée désormais par les courants triphasés, se trouve prête à être couplée sur les rails omnibus du tableau.

Tableau de distribution. — Les deux tableaux de droite desservent la sous-station.

Le *premier tableau*, formé de 7 panneaux de marbre, comprend : 1 panneau pour la commutatrice de démarrage, 3 panneaux pour les commutatrices, un panneau pour courant continu avec compteur, et enfin un panneau de départ pour les deux feeders à courant continu pour l'alimentation du fil de trolley.

Sur le panneau de la commutatrice de démarrage se trouvent 1 interrupteur automatique, 1 interrupteur haute tension, 1 ampèremètre Ferraris, 1 ampèremètre et 1 voltmètre Weston, 1 interrupteur bipolaire, 1 commutateur tripolaire à deux directions.

Les trois panneaux des commutatrices comprennent chacune : 1 interrupteur automatique à maximum, 1 interrupteur simple, 1 interrupteur démarreur, 1 inter-

rupteur haute tension, 1 contrôleur d'interrupteur haute tension, 1 tâteur, 1 commutateur bipolaire, 1 ampèremètre Weston, 1 ampèremètre Ferraris, 1 appareil à touches avec cage de résistance derrière le panneau et enfin une lampe de phase.

Le panneau du compteur à courant continu porte : 1 compteur, 2 commutateurs de 2000 ampères, à 2 directions, et 1 interrupteur.

Le panneau de départ des deux feeders pour l'alimentation du réseau de tramways comprend : 2 interrupteurs automatiques à maxima, 2 ampèremètres Weston, 2 interrupteurs à main et 2 bobines de self, 2 parafoudres à peignes sont réunis d'un côté à la bobine et de l'autre à la terre.

Le *deuxième tableau* ne possède qu'un panneau d'utilisé. Ce panneau forme aussi le départ de deux feeders pour l'alimentation du réseau de tramways et est identique au panneau précédent; chaque ligne est aussi protégée par un parafoudre à peigne et une bobine de self.

Le réseau de tramways est aérien et souterrain. Il est unipolaire dans le premier cas et le retour se fait par les rails. Dans la canalisation souterraine, le réseau est au contraire bipolaire et isolé du sol.

Sur chaque panneau de départ un commutateur permet d'envoyer le courant soit dans la ligne de trolley, soit dans la canalisation souterraine.

Fonctionnement de l'installation. — L'installation, en fonctionnement depuis près de trois ans, a donné toute satisfaction.

Les essais qui ont été faits après quelque temps de marche ont fait voir que pour les groupes électrogènes de 900 kw, la consommation de charbon pur et sec s'élève à 0,906 kg par kw-h à demi-charge et à 0,845 kg par kw-h à pleine charge, ce qui est un résultat extrêmement satisfaisant avec une surchauffe aussi modérée que 275° C.

La consommation correspondante de vapeur est de 8,523 kg par kw-h à pleine charge et de 10,377 kg par kw-h à demi-charge. Ces essais ont été faits avec du charbon d'Anzin et de Béthune.

Le rendement des génératrices y compris l'actionnement des économiseurs Green ressort ainsi à près de 80 pour 100.

Les essais de fonctionnement des alternateurs et commutatrices ont été également fort satisfaisants, ainsi que le font voir les chiffres qui suivent :

Alternateur de 900 kw. Élévation de température, en degrés C.

	Charge normale 10 heures.	Surcharge 3 heures.
Enroulement inducteur	19	27
Enroulement induit	26	24
Fer induit	29	24
Denture de l'induit	30	34

Tout le matériel est remarquable par la faible élévation de température des différents organes, et en particulier par les rendements et les capacités de surcharge constatées par les machines de tout ordre. Cette constatation, déjà faite dans d'autres installations similaires, s'applique en particulier aux commutatrices et aux alternateurs qui ont donné des rendements de 95,8 et de 96 pour 100 tout en étant capables de surcharges considérables dépassant 75 pour 100 pour les commutatrices et leurs accessoires.

L'exécution de l'installation a été menée très habilement par la Société Alsacienne de Constructions Mécanique et elle répond à toutes les exigences d'une exploitation moderne. La perfection du matériel ainsi que les dispositions judicieuses adoptées pour les travaux d'ensemble dénotent de la part du constructeur une expérience approfondie de ce genre d'installations.

A. Z.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

La distribution de l'énergie électrique dans Londres. — Il y a quelques jours un Bill relatif à ce projet fut présenté une deuxième fois devant le Parlement. Quoique les municipalités et les compagnies existantes aient fait leur possible pour faire échouer ce Bill, elles ont échoué sur toute la ligne, car le Board of Trade l'a soutenu avec vigueur, et maintenant il ne lui reste plus qu'à être présenté devant une commission spéciale. Si on examine ce projet avec impartialité, on peut faire les remarques suivantes : 1° L'énergie électrique à bon marché pour la force motrice n'est pas seulement à désirer, mais c'est une nécessité, et il faut arriver à l'obtenir par quelque moyen que ce soit. Il faut remarquer en outre que dans les usines et ateliers de Londres où l'on emploie une puissance de près de 400000 kw, il n'y en a seulement que 5 pour 100 fournis jusqu'ici par des transmissions électriques.

2° Les compagnies existantes, qui ont réalisé les premières distributions et qui ont développé leurs entreprises malgré des difficultés sans nombre, ont été l'objet de restrictions sévères, en particulier pour la limite de leur périmètre d'exploitation. On leur a en outre imposé une clause d'après laquelle les autorités locales peuvent acheter leur réseau au bout d'un laps de temps relativement court.

Au point de vue de la distribution de la force motrice électrique, on a montré que Londres en tant que ville manufacturière est la plus importante des villes de Grande-Bretagne, car il y a un grand nombre de petites usines qui ne peuvent pas produire leur force motrice à bon marché, et qui seraient tout de suite abonnées aux secteurs, s'il était possible d'obtenir d'eux l'énergie à bas prix.

Le charbon et le terrain sont très chers à Londres, et d'autre part on sait qu'aucune autre grande ville du monde ne pourra distribuer la force motrice électrique à aussi bon marché, étant donné qu'on la produira en grand. Plus de 250 maisons de Londres représentant 100 000 employés ont présenté une pétition en faveur du Bill, et le Board of Trade l'a appuyée.

Seulement la moitié des *London Borough Councils* ont fait opposition à ce bill; d'autres lui ont donné leur adhésion. La nouvelle Compagnie n'aura rien à faire avec l'éclairage, qui est dès maintenant assuré, mais c'est surtout dans l'est de Londres, où se trouvent les usines, que la Compagnie fera une exploitation avantageuse.

L'éclairage des rues avec les lampes Nernst. — M. Hoadley a fait récemment une communication devant la *Municipal electrical Association* sur ce sujet.

Il trouve que la forme la plus satisfaisante de la lampe Nernst est le type A qui prend 0,52 ampère à 230 volts en donnant une intensité lumineuse de 75 bougies.

On a essayé, puis abandonné les types B et C, cependant on a obtenu de meilleurs résultats avec le nouveau type D, qui est une amélioration du type B, donnant 75 bougies pour une consommation de 110 watts. Une variation de tension de 4 pour 100 au-dessus de la normale a causé très peu de différence dans la vie des lampes, et les vibrations paraissent aussi faire très peu de mal. On a obtenu les meilleurs résultats en employant une lampe à 220 volts avec une résistance absorbant 20 volts sur un circuit de 230 volts. On a employé près de 3500 de ces lampes à Maidstone pendant 3 ans et dans l'exploitation actuelle on trouve que la vie moyenne des lampes est de 676 heures, avec une tendance à devenir encore plus longue. On emploie des globes en verre clair, quoique les globes prismatiques donnent une meilleure distribution de la lumière, car on sait bien que le public anglais, voulant juger des qualités d'une lampe, regarde la lampe même au lieu de lui tourner le dos et de voir l'effet obtenu par l'éclairage de la rue. On a installé 30 poteaux avec le type D, que l'auteur pense être le type le plus avantageux pour l'éclairage des rues, mais il désire une expérience encore plus longue.

Il est curieux de remarquer que le temps humide semble être préjudiciable aux lampes, mais on n'en connaît pas la raison.

A une distance de 3 mètres du poteau, la lampe étant à 3,3 mètres de hauteur et munie d'un réflecteur, l'éclairement moyen est très suffisant.

L'auteur considère que les lampes peuvent être placées à une distance de 50 mètres au lieu de 36 à 45 mètres ce qui est le cas des lampes à gaz, et comme il estime le coût annuel des manchons à gaz et des lampes Nernst à 175 fr, il y a évidemment un avantage considérable en faveur de ces dernières, à cause du plus grand espace qui les sépare. La lampe consomme 390 kw-h par an et elle coûte 10,8 fr pour son renouvellement, 12 fr pour l'éclairage et le nettoyage, 9 fr pour l'intérêt et le fond d'amortissement (6 pour 100 sur 150 fr) et 3 fr pour réparations et l'entretien.

Il estime que cet éclairage laisse 3,5 c de bénéfice par kw-h. M. Hoadley fait ensuite mention des diverses lampes rivales de la lampe Nernst, notamment celles à vapeur de mercure, à osmium et au tantale; il dit que c'est de la lampe même qu'il faut attendre des perfectionnements, car on n'aura plus de réduction dans le coût de production. Il pense que de petits arcs à flamme dépensant 100 w représenteraient l'idéal pour l'éclairage des rues moins importantes.

La Royal Society. — A la dernière réunion de cette Société on n'exposait que peu de nouveautés en électricité. La *General Electric C°* a fait fonctionner plusieurs types de lampes à incandescence à l'osmium. En apparence la lampe ressemble à la lampe à incandescence ordinaire, seul le filament est en osmium, et il est très brillant lorsqu'il est à l'incandescence. Les avantages qu'on indique pour cette lampe sont les suivants : un point de fusion élevé, une lumière blanche, meilleur rendement, une plus longue vie et moins de chaleur dégagée. On dit que le noircissement des ampoules n'est pas appréciable. La consommation d'énergie avec le filament de carbone ordinaire est de 3 à 4 w par bougie; la consommation avec la lampe à l'osnium est de 1,5 w par bougie.

MM. Siemens frères exposaient des lampes au tantale.

M. le Dr Russell a exposé des photographies qui montrent quelques effets curieux du bois sur les plaques photographiques. On les a obtenues en plaçant les surfaces polies du bois en contact avec la plaque photographique dans l'obscurité. L'action sur la plaque est due à un gaz produit dans les fibres du bois. Les photographies des fibres du bois ainsi obtenues ne ressemblent pas toujours à celles obtenues à la manière ordinaire en éclairant la surface et en la photographiant. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 17 juillet 1905.

Contribution à l'étude des diélectriques liquides. — Note de M. Gouré de Villemontée, présentée par M. J. Violle. (*Extrait.*) — Les expériences suivantes ont eu pour but de chercher :

1° L'influence de la durée de charge;

2° L'état électrique de la masse après la charge.

Deux condensateurs cylindriques ont été remplis, le premier de pétrole, le second d'huile de paraffine et chargés respectivement avec éléments Daniell et éléments Gouy.

Trois séries d'expériences ont été faites :

Dans la première, on porte l'armature externe au potentiel U, l'armature interne au sol pendant un temps t, puis on établit brusquement les communications de l'armature interne avec l'électromètre et de l'armature externe avec le sol et on mesure la charge de l'armature interne.

Dans la deuxième série, on mesure la charge prise par l'armature interne, lorsqu'on maintient l'armature externe à un potentiel donné et l'armature interne en communication avec un électromètre pendant un temps déterminé.

Dans la troisième série, l'auteur a cherché si le diélectrique était chargé dans sa masse, après une durée de charge déterminée.

Les charges ont été évaluées par la quantité d'électricité qu'il faut dégager sur un quartz piézo-électrique, soit pour produire une déviation égale à celle que détermine la charge de l'armature considérée, soit pour compenser la charge primitive (méthode de zéro). (Suit le détail des expériences.)

Conclusions. — En rapprochant les résultats des expériences de ceux qui ont été obtenus par M. J. Curie dans ses recherches sur la conductibilité des corps cristallisés (*Annales de chimie et de physique*, 6e série, t. XVII et XVIII), on voit que la propagation des charges électriques à travers le pétrole et l'huile de paraffine est comparable à la propagation des charges électriques à travers les corps cristallisés.

Une analogie semblable a été signalée par Hertz (*Wiedemann's Annalen*, t. XX, 1883, p. 279) entre les propriétés de la benzine et des cristaux.

Variations thermiques de l'aimantation de la pyrrhotine et de ses groupements cristallins. — Note de MM. Pierre Weiss et J. Kunz, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Recherches expérimentales sur l'effet des membranes dans les chaînes liquides. — Note de M. M. Chanoz, présentée par M. d'Arsonval (*Extrait.*) — Dans la chaîne liquide

Solution aqueuse MR $\overset{(1)}{|}$ H^2O $\overset{(2)}{|}$ Solution aqueuse MR,

à contacts directs et symétriques pour les concentrations, il n'existe pas de différence de potentiel si MR est pur, non hydrolysable.

Séparons en (1) MR | H^2O par une membrane soigneusement lavée, telle que parchemin, gélatine, etc. Une différence de potentiel, importante parfois, apparaîtra dans le circuit. Elle dépend de diverses circonstances ainsi que le prouvent les expériences, dont voici les conclusions :

Conclusion. — La force électromotrice développée par les membranes dans une chaîne liquide MR | H^2O | MR dépend en particulier pour le signe et l'intensité : 1° de la nature de la membrane; 2° de la nature et de la concentration de MR; 3° de la position relative de la membrane et des liquides H^2O, MR.

Séance du 24 juillet 1905.

Recherches expérimentales sur l'effet des membranes dans les chaînes liquides. — Note de M. M. Chanoz, présentée par M. d'Arsonval. (*Extrait.*) — Dans une précédente Note (¹), nous avons montré qu'une membrane placée en I dans la chaîne liquide MR $\underset{\text{I}}{|}$ H^2O | MR donne naissance à une force électromotrice, et que cette force motrice dépend : 1° de la nature de la membrane bien lavée et de MR; 2° de la position relative de la membrane et des liquides purs H^2O, MR.

D'autres faits sont mis en évidence par les expériences, dont voici les conclusions :

Conclusion. — Toutes ces expériences prouvent que la force électromotrice constatée dans nos chaînes liquides dépend nettement, en plus des conditions déjà énoncées, de l'action prépondérante de certaines substances contenues en faible quantité dans la dissolution MR ou ayant agi antérieurement sur la membrane.

Interprétation. — Ces résultats, que nous compléterons ultérieurement, peuvent s'expliquer, provisoirement tout au moins, par la formation aux dépens de l'électrolyte d'une couche double électrique au contact de la membrane.

L'un des ions, le plus mobile en général, reste adhérent à la membrane. Il lui constitue sa charge électrique. L'autre ion inversement chargé forme une couche voisine entre l'électrolyte et l'eau; il indique la variation du potentiel de H^2O.

L'action persistante de traces d'acides sur certaines membranes prouve bien, en particulier, l'existence de cette fixation plus énergique de l'ion $H^{(+)}$, comme l'a déjà observé M. Jean Perrin dans ses recherches sur l'osmose électrique (²).

L'hystérèse d'aimantation de la pyrrhotine. — Note de M. Pierre Weiss, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus.*)

BIBLIOGRAPHIE

L'Économie dans la chaufferie. Publication du *Mois scientifique et industriel.* — *Vve Ch. Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 24×16 cm; 86 pages. — Prix, broché, 2,50 fr.

Échantillon des Monographies françaises et essentiellement pratiques du « Mois scientifique et industriel » dont nous ne pouvons que louer au moins le principe, comme nous l'avons maintes fois déjà fait pour des monographies étrangères, celle-ci, pour la neuvième qu'elle soit, n'en est certes pas la moins importante par son objet même,

(¹) *Comptes rendus*, 17 juillet 1905.
(²) *Comptes rendus*, t. CXXXVII, 1903, p. 513.

aussi bien que par la généralité de son application. Nous sommes heureux d'ailleurs de saisir cette première occasion de présenter cette collection relativement récente sous les auspices de sa propre devise : « Multa paucis » signifiant : être utile par beaucoup de données pratiques en peu de mots et exposer les phénomènes sous forme simple et à l'aide d'expressions à la portée de tous.

Quant au développement donné à la question actuelle et à la méthode suivie dans ce fascicule en particulier, il nous suffira, pour permettre d'en juger, de citer les différents chapitres qui le composent, en dehors de l'Introduction indispensable, mais dont le mérite est ici une grande brièveté : — Combustion; — Combustible; — Chaudière; — Méthodes de chauffe; — Récupération; — Contrôle de la chauffe; — et Conclusion. Ces six chapitres montrent assez l'aspect complet sous lequel cette étude est envisagée. Elle est accompagnée, en outre, de tous les index utiles aux recherches qu'elle résume et à la mise en œuvre des principes dont elle préconise l'application.

Nous avons à peine besoin de faire ressortir le rôle capital de ladite question dans la production de l'énergie électrique. On comprendra donc de reste que nous fassions dans nos colonnes une mention spéciale de ce travail, malgré son apparence première peu électrique.

E. Boistel.

Précis d'hydraulique. La houille blanche, par R. Busquet. — *Encyclopédie industrielle, J.-B. Baillière et fils*, Paris, 1905. — Format : 180×115 mm; 375 pages. — Prix : 5 fr.

Le hasard amène souvent des coïncidences bizarres et même parfois heureuses comme celle qui réunit aujourd'hui à la suite l'une de l'autre sous notre plume l'annonce de ce volume après le précédent, ces deux ouvrages se complétant en effet mutuellement et l'utilisation de la *houille blanche* venant très opportunément diminuer la consommation du *pain noir* de l'industrie, pour employer les expressions aussi imagées que rabâchées à l'ordre du jour. En fait d' « Économie dans la chaufferie », il n'y a rien de tel que de ne pas chauffer du tout, et c'est cet appoint nul ou négatif à l'ancien mode de transformation de l'énergie qu'apporte l'auteur en cette publication. Déjà fort avantageusement connu de nos lecteurs et depuis longtemps, il a cherché à mettre ici la science de l'industrie hydraulique à la portée de tous les techniciens, ingénieurs, architectes et entrepreneurs, qui peuvent être appelés à étudier et exécuter des installations de cette nature.

Très élémentaire, comme il le voulait rester, ce Précis rendra certainement de réels services; mais, si bien fait qu'il soit, il nous laisse regretter que, nourri dans le sérail et en connaissant les détours, l'auteur ne se soit pas fait un devoir de ramener vers le C G.S. et l'homogénéité, dont celui-ci a seul le privilège, les systèmes et termes hybrides des mécaniciens et des hydrauliciens. C'est une aimable tâche à laquelle doivent contribuer peu à peu, sans en avoir l'air et sans rien brusquer, tous les véritables amis de la science et de son unité. A cela près, ce volume très instructif sera un des plus appréciés de l'Encyclopédie industrielle.

E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, *boulevard de la Madeleine, Paris.*

---

350 571. — **Brown Boveri et Cie.** — *Moteur électrique pour courant monophasé* (6 janvier 1905).

350 602. **Pfluger Accumulatoren-Werke.** — *Plaques pour accumulateurs électriques* (7 janvier 1905).

350 691. — **Rousseau.** — *Auto-dynamo* (11 janvier 1905).

350 748. — **Lehmann.** — *Perfectionnements dans les machines à courant alternatif* (14 janvier 1905).

350 769. — **De La Croix et Joel.** — *Perfectionnements aux accumulateurs électriques* (14 janvier 1905).

350 566. — **Pifre.** — *Aimants pour courants alternatifs* (6 janvier 1905).

350 577. — **Mildé et fils.** — *Système de montage des connexions des bobines d'induction* (6 janvier 1905).

350 641. — **Bréguet.** — *Système de transmission électromagnétique asynchrone* (9 janvier 1905).

350 654. — **Blathy.** — *Dispositif applicable aux appareils de mesure électriques pour en augmenter la sensibilité et la précision* (10 janvier 1905).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

Compagnie du Tramway électrique du Mont-Blanc. — Cette Société a été constituée le 9 juin 1905.

Elle a pour objet : 1° la construction et l'exploitation d'un tramway à traction mécanique entre la gare du Fayet-Saint-Gervais et le sommet de l'Aiguille du Goûter, conformément à la concession apportée à la Société; 2° la construction et l'exploitation du prolongement éventuel de la ligne jusqu'au sommet du Mont-Blanc, s'il est concédé définitivement à la Société, ainsi qu'il est prévu au traité de concession; 3° la construction et l'exploitation de tous autres tramways en prolongement ou embranchement de la ligne principale et dont la Société deviendrait concessionnaire; 4° et toutes autres opérations se rattachant à celles ci-dessus énumérées.

La durée de la Société est fixée à 80 années, à compter du jour de sa constitution définitive, sauf les cas de prorogation ou de dissolution anticipée, suivant décision de l'Assemblée générale des actionnaires.

Le siège de la Société est établi à Paris, rue d'Anjou, n° 78. Il pourra être transporté dans tout autre endroit de la même ville, par décision du Conseil d'administration.

La Société d'études du Tramway électrique du Mont-Blanc fait apport à la présente Société de la concession qui a été donnée pour une durée de 75 ans, par convention passée le 9 juillet 1904 entre la Société d'Études et le Préfet de la Haute-Savoie, au nom de ce département, de la construction et de l'exploitation du tramway à crémaillère entre la gare du Fayet-Saint-Gervais et le sommet de l'Aiguille du Goûter, avec prolongement éventuel jusqu'au sommet du Mont-Blanc.

La ligne du tramway dont il s'agit a été déclarée d'utilité publique par décret du Président de la République, du 3 août 1904, approuvant la convention de concession.

En outre, la Société d'Études fait apport : 1° des études, plans et devis faits depuis l'année 1900, pour arriver à l'obtention de la concession et à la constitution de la présente Société; 2° des études, renseignements et documents recueillis au sujet du trafic et de l'exploitation; de tous travaux entrepris ou en cours d'entreprise dans la région du tramway à établir, ainsi que du matériel, des marchandises et approvisionnements pouvant se trouver sur les chantiers et du projet d'exécution de la première section; 3° de tous traités et marchés en cours, ainsi que de tous baux et locations qui ont pu être consentis à la Société d'Études concernant l'objet de la concession.

La Compagnie du Tramway électrique du Mont-Blanc doit rembourser à la Société d'Études toutes les sommes dont elle justifiera avoir fait l'avance pour ses études et travaux préparatoires, ainsi que pour les dépenses effectuées jusqu'au jour de la constitution, pour matériel, achats divers, locations et pour toutes autres causes concernant la concession, et ce, d'après le compte qui aura été accepté par l'Assemblée générale des actionnaires. En outre, la Compagnie sera tenue de rembourser le cautionnement qui a été versé en exécution de la concession.

Le capital social est fixé à un million de francs divisé en 2000 actions de 500 francs; il pourra être augmenté en une ou plusieurs fois, par décision de l'Assemblée générale des actionnaires, qui décidera les conditions auxquelles les augmentations auront lieu, et notamment si un droit de préférence doit être réservé aux premiers actionnaires pour la souscription des nouvelles actions.

La Société est administrée par un Conseil composé de quatre membres au moins et de onze au plus, pris parmi les associés. Les administrateurs sont nommés pour six ans. Le premier Conseil conservera ses fonctions pendant les six premières années, à l'expiration desquelles ce Conseil sera renouvelé entièrement; après quoi, le Conseil sera renouvelé par tiers de deux en deux ans, les membres sortants étant d'abord désignés par le sort, ensuite l'ancienneté servira de règle pour l'ordre de sortie.

Le Conseil a les pouvoirs les plus étendus pour agir au nom de la Société et faire toutes les opérations relatives à son objet.

Chaque année, il est tenu une Assemblée générale dans le courant du premier semestre. L'Assemblée peut, en outre, être convoquée toutes les fois que le Conseil d'administration en reconnaît l'utilité.

L'Assemblée générale se compose de tous les actionnaires possédant au moins vingt actions. Tous propriétaires de moins de vingt actions pourront se réunir pour former ce nombre d'actions et se faire représenter par l'un d'eux ou par un autre actionnaire déjà membre de l'Assemblée.

L'Assemblée générale ordinaire est régulièrement constituée lorsque les actionnaires présents ou par mandataires représentent le quart au moins du capital social. Si ce nombre n'est pas atteint sur une première convocation, il est convoqué une autre Assemblée qui délibérera valablement, quelle que soit la portion du capital représenté. Cette seconde Assemblée doit avoir lieu à quinze jours d'intervalle au moins de la première Assemblée, mais les convocations peuvent être faites seulement dix jours à l'avance.

Les Assemblées extraordinaires ne sont régulièrement constituées et ne peuvent délibérer valablement que si elles sont composées d'actionnaires représentant au moins la moitié du capital social.

Les convocations aux Assemblées générales ordinaires et extraordinaires sont faites par un avis inséré dans un des journaux d'annonces légales de Paris, au moins 20 jours d'avance. Pour les Assemblées générales extraordinaires, l'avis de convocation doit indiquer sommairement l'objet de la réunion.

Les délibérations des Assemblées générales sont prises à la majorité des membres présents ou représentés. Chacun d'eux a autant de voix qu'il représente de fois vingt actions sans qu'il puisse toutefois, tant en son nom que comme mandataire, avoir plus de cent voix.

Pendant toute la période de construction, il sera payé aux actions un intérêt de 5 pour 100 l'an sur les versements effectués, lequel intérêt sera porté au compte des frais généraux.

Les produits de l'entreprise serviront d'abord à acquitter :

1° Tous les frais annuels d'exploitation, d'entretien et d'administration;

2° L'intérêt et l'amortissement des emprunts suivant les tableaux dressés à cet effet.

Ce qui restera, après l'acquit de ces charges, formera les bénéfices bruts de l'entreprise. Il en sera prélevé :

1° 5 pour 100 pour la réserve légale;

2° L'annuité nécessaire pour le service du capital-actions comprenant : l'intérêt à 5 pour 100 de ce capital et la somme suffisante pour assurer, avec le produit de l'intérêt afférent aux actions remboursées, l'amortissement complet de toutes les actions avant la fin de la concession;

3° La somme que l'Assemblée générale pourrait affecter à un fonds spécial de prévoyance, dont elle aurait la libre disposition.

Ce qui restera disponible après ces prélèvements, formera les bénéfices nets de l'entreprise, qui seront répartis savoir :

20 pour 100 aux administrateurs; 80 pour 100 aux actionnaires à titre de dividende.

Lors de la dissolution de la Société, après l'extinction du passif, le solde sera employé d'abord à compléter l'amortissement des actions s'il n'a pas été fait, et le surplus, s'il y en a, constituera des bénéfices nets et sera réparti entre les liquidateurs et les actions, en suivant la base de répartition indiquée ci-dessus.

Le premier Conseil d'administration est composé de :

MM. le baron Louis-René de Chanteau, président de la Société Toulousaine d'électricité, demeurant à Paris, Rond-Point des Champs-Élysées, n° 6;

Abel Couvreux, ingénieur civil, demeurant à Paris, rue d'Anjou, n° 78;

Hector Deruad, administrateur délégué de la Société Toulousaine d'électricité, demeurant à Artemarre (Ain);

Henri Duportal, inspecteur général des Ponts et Chaussées, en retraite, demeurant à Paris-Auteuil, Villa Montmorency, 4, avenue Boufflers;

Maxime Laguerre, propriétaire, demeurant à Don (Ain).

MM. Louis-Paul Aublet, chef de la Comptabilité générale des chemins de fer de l'Ouest Algérien, demeurant à Paris, square du Roule, n° 7, et Pierre Guyot, avocat, demeurant à Paris, rue Cambacérès, n° 3, ont été choisis pour remplir les fonctions de Commissaires aux Comptes.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

55 745. — Imprimerie Lahure. 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 328. 25 Août 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Régulateur de potentiel à filament de charbon et de tantale. — M. A. Kennelly vient de proposer pour le réglage sensible de la tension un principe nouveau, dont l'application est fort ingénieuse. C'est d'utiliser pour ce réglage les différences caractéristiques des filaments de charbon et de tantale des lampes à incandescence. On sait en effet que ces deux types de lampes se comportent de manières toutes différentes sous des tensions invariables :

La résistance d'une lampe à filament de charbon tombe très rapidement quand augmente le courant qui la traverse, à tel point qu'une lampe de 120 volts, 16 bougies, à filament de charbon a une résistance de 600 ohms à froid et une résistance de seulement 300 ohms à tension normale. La lampe à filament de tantale à 110 volts, qui a une résistance à froid de 50 ohms, peut avoir à tension normale une résistance de 300 ohms.

On comprend dès lors que la répartition du courant, dans des circuits en parallèle constitués par les deux modèles de lampes, varient dans de grandes proportions, et qu'il peut en être de même dans des relais ou régulateurs insérés dans ce circuit. C'est le principe qu'utilise M. Kennelly. Une caractéristique des variations de résistances des deux lampes est que dans chaque cas la variation se produit plus rapidement au premier moment de mise en circuit parce que la variation est beaucoup plus rapide entre 0 et 55 volts qu'entre 55 et 110 volts.

Un des dispositifs préconisés par les inventeurs consiste à établir une sorte de pont de Wheatstone, dans lequel les filaments de charbon et les filaments de tantale constituent les branches opposées.

Le galvanomètre ordinaire est remplacé par un relais polarisé ou un appareil magnétique formant un circuit auxiliaire susceptible de régler la tension principale. Une autre disposition consiste à constituer sur le réseau à régler deux dérivations parallèles, l'une avec des lampes à filament de charbon, l'autre avec des lampes à filament de tantale, sur les fils des deux circuits aboutissant à l'un des pôles, et à monter un relais polarisé ayant un de ses enroulements sur le circuit charbon, l'autre sur le circuit à filaments de tantale.

La résistance des deux circuits doit être réglée de telle sorte que les deux intensités correspondantes soient égales quand le réseau a la tension normale, de sorte que le relais différentiel est équilibré et ne donne aucun flux. S'il survient

une augmentation de tension, la résistance du circuit à filaments de charbon diminue, et celle du circuit à filaments de tantale augmente, ce qui fait passer dans le circuit charbon du relais un courant plus intense, et détermine de ce côté l'attraction de la palette du relais, un contact approprié fermant de ce côté le circuit de réglage. Si le contraire se produit, l'autre circuit l'emporte, et par conséquent l'autre moitié du relais, qui attire ainsi la palette et détermine, par un second contact, la fermeture d'un autre circuit de réglage. Ces circuits de réglage peuvent être bien entendu quelconques, et commandés soit directement, soit par relais.

Des essais d'un régulateur basé sur ce principe et associé à un relais du type « Western Union » ont donné des résultats très satisfaisants. On a trouvé qu'une augmentation de 0,6 volt suffisait à mettre le relais en mouvement; or, 0,6 volt représente seulement le passage de 110,4 à 111 volts, ce qui serait une limite de réglage très suffisante.

La mise en mouvement du relais se ferait avec un retard de fonctionnement d'environ 1 seconde, qui paraîtrait dû à des effets thermiques extérieurs aux lampes. Ce retard ne serait pas sans inconvénient sur certains réseaux à variations très rapides. A. B.

Réseau de traction triphasé de la Valteline. — D'après l'expérience du dernier exercice d'exploitation, la consommation d'électricité des trains sur la ligne de la Valteline s'élève à 44,6 watts-heure par tonne-km. Ce chiffre ne comprend pas seulement les dépenses afférentes à la traction propre des trains, mais encore l'éclairage de ceux-ci, l'éclairage des stations, les frais de manœuvre des trains, etc., sur les voies de garage et dans les dépôts.

Si l'on isole du reste l'énergie nécessaire à la marche seule des trains d'après l'horaire, on réduit le chiffre précédent aux valeurs suivantes :

Énergie spécifique mesurée au moteur . . . . . 31,0 w-h : t-km.
Énergie mesurée au tableau de distribution. . 31,8 —

Il résulte de l'expérience de cette ligne, où les trains sont comparativement rares, que les limites très étroites et variables de vitesse du moteur asynchrone règlent automatiquement le débit de l'usine génératrice pendant la mise en marche des trains. Dès qu'un démarrage se produit, les turbines ralentissent et la fréquence diminuant sur le réseau, les trains en marche sur la même ligne ont tendance à se conformer à la nouvelle fréquence du réseau et consomment par suite moins de courant; dans certains cas même, ils peuvent en renvoyer à la ligne.

Projet d'une nouvelle ligne de chemin de fer en Belgique. — La Belgique aurait-elle aussi l'intention de réaliser la traction à grande vitesse sur les chemins de fer? — On prétend que tel est le cas pour une ligne en projet, qui doit aller de Louvain à Welkenraedt, ville frontière entre la Belgique et l'Allemagne. Les trains y seraient mus électriquement, et y atteindraient la vitesse de 120 km à l'heure.

Le but de cette ligne est de réduire la distance entre Bruxelles et Aix-la-Chapelle, et d'éviter certains inconvénients du tracé de la ligne actuelle, qui présente de fortes rampes, et entre autres une longue rampe continue de 3 pour 100 entre Ans et Liège. La nouvelle ligne est au contraire horizontale, mais sa construction entraînerait l'établissement d'un pont sur la Meuse et d'un viaduc sur la Vallée de la Geer, dont l'estimation atteint la jolie somme de 75 000 000 fr.

La lampe à filament d'osmium. — Cette lampe réaliserait, d'après les Compagnies qui l'exploitent, une économie de 56 pour 100 sur la puissance électrique, soit une consommation de 1,5 watt par bougie, c'est-à-dire à peu près la même consommation que la lampe au tantale, dont nous avons signalé précédemment les essais faits aux États-Unis.

De plus, la consommation n'augmenterait pas d'une manière sensible avec la durée d'allumage, et l'économie de courant serait encore de 50 pour 100 après un fonctionnement de 3000 heures. Toutefois cette durée peut être exceptionnelle et la pratique courante paraît assigner à ces lampes, dans les circonstances présentes, une durée moyenne de 7 à 800 heures.

L'intensité lumineuse et la consommation spécifique des lampes ont été déterminées par l'Institut physico-technique de Charlottenburg, et, sur 7 échantillons divers signalés comme moyenne dans la notice que la Société Auer consacre à cette lampe, les résultats auraient été les suivants :

NUMÉROS DES LAMPES.	INTENSITÉ LUMINEUSE (EN BOUGIES)		CONSOMMATION SPÉCIFIQUE (EN WATTS PAR BOUGIE)	
	AU DÉBUT.	APRÈS 1000 HEURES.	AU DÉBUT.	APRÈS 1000 HEURES.
I.	33,2	30,3	1,58	1,60
II.	32,6	29,3	1,60	1,65
III.	33,5	31,3	1,55	1,55
IV.	33,4	31,2	1,55	1,56
V.	33,7	27,2	1,56	1,78
VI.	35,1	30,9	1,49	1,58
VII.	32,9	29,3	1,54	1,60

Les limites de tension assignées à ces lampes par la nature de leur filament seraient pratiquement les mêmes que pour la lampe au tantale, et il conviendrait sans doute, pour la lampe à osmium comme pour la précédente, de brancher 3 lampes en série sur le réseau de 110 à 120 volts, 6 lampes sur le réseau à 220 volts.

Le montage sur réseau alternatif de même tension pourrait se faire individuellement par l'intermédiaire d'auto-transformateurs ou économiseurs appropriés. L'économie de transformation des lampes compenserait alors les pertes dans le transformateur, de même que, dans nombre de cas, cette faible consommation permettrait d'aborder, pour toute utilisation faible, l'éclairage par accumulateurs, considéré comme prohibitif avec les lampes actuelles.

La lampe à filament d'osmium paraît avoir certaines sujétions que signale la notice dont il est fait mention plus haut. Il est nécessaire notamment de la placer verticalement en raison du manque de rigidité absolu du filament d'osmium porté à incandescence. La lampe joindrait-elle à cette particularité celle d'une grande sensibilité aux variations de tension des réseaux? nous n'en savons rien, mais le fait paraîtrait découler de certaines remarques faites dans la brochure, et que nous transcrivons ci-après :

« Nous appelons spécialement l'attention de notre clientèle sur ce fait que les lampes à osmium ne doivent pas être « poussées », autrement dit, qu'il ne faut pas les soumettre à une tension plus élevée que celle pour laquelle elles ont été construites. Il en résulte que l'on doit soigneusement noter, aux heures d'allumage, quelle est, très exactement, la tension maxima se maintenant pendant 2 heures sur le réseau de distribution. C'est cette tension maxima qui indiquera celle à choisir pour les lampes. Celles-ci fourniront, cette précaution prise, le meilleur rendement lumineux et la plus longue durée.

Ainsi pour 110 volts, on prendra 3 lampes de 37 volts; pour 114 volts, 3 lampes de 38 volts; pour 117 volts, 3 lampes de 39 volts, et ainsi de suite. A. B.

Nouvelle locomotive mixte, système Heilmann. — D'après les journaux techniques anglais, le Directeur de la North British Locomotive C[o] aurait breveté une locomotive

mixte du genre Heilmann, dans laquelle il a remplacé la machine à vapeur à mouvement alternatif par une turbine qui présente, au point de vue même du fonctionnement et de la consommation, des avantages généraux appréciables. La turbine commande directement un alternateur triphasé et l'axe du groupe électrogène est disposé parallèlement à la voie. l'alternateur ayant son excitatrice calée sur le même arbre. Les condenseurs sont à refroidissement d'air, et comportent des tubes distribués à la partie supérieure et sur les côtés de la locomotive, dont le déplacement assure la circulation d'air nécessaire. L'air, après son contact avec les tubes condenseurs, est envoyé dans le foyer pour y activer la combustion.

Les tramways de la Havane. — La *General Electric C*[o] prépare l'équipement complet des lignes du réseau interurbain qui rayonne de la Havane, et qui se compose de lignes d'une étendue totale d'environ 200 km.

Le réseau sera alimenté par une usine centrale située à la Havane, et par 8 sous-stations transformatrices de triphasé en continu fonctionnant sous 19 000 volts, à 25 périodes par seconde.

L'usine génératrice comporte deux groupes électrogènes à turbines Curtis, de 2000 kw, et un turbo-alternateur de même système de 1000 kw à 2200 volts. Des transformateurs à insufflation d'air élèvent la tension à 20 000 volts, et les lignes à haute tension la distribuent aux 8 sous-stations.

Dans chaque sous-station, des transformateurs-réducteurs alimentent des commutatrices, qui transforment le courant alternatif à 25 périodes par seconde en courant continu à 600 volts alimentant les lignes de trolley et les feeders.

Les principales lignes sont les suivantes :

Havana Rosario, 65 km de longueur, alimentée par 3 sous-stations. — Havana Bejucal, 27 km de longueur, alimentée par 1 sous-station. — Havana Mariel, 45 km de longueur, avec 3 lignes transversales, alimentée par 4 sous-stations.

Le service des voyageurs sera assuré par 24 voitures de 30 tonnes pour 50 voyageurs, chacune à 4 moteurs et pouvant réaliser la vitesse maxima de 64 km à l'heure.

Le service des marchandises sera assuré par 10 locomotives de 40 tonnes, à 4 moteurs, pouvant remorquer des trains de 300 tonnes, à la vitesse de 27 km à l'heure.

L'installation est établie sur les données les plus courantes en Amérique, mais elle en diffère surtout par l'emploi de deux trolleys, aussi bien dans la ville de la Havane que dans les faubourgs.

A signaler aussi cette particularité que les lignes à haute tension sont établies pour suffire ultérieurement à la tension de 30 000 volts, qui sera adoptée au cours des extensions futures. Les transformateurs des usines génératrices et des sous-stations sont également étudiés en vue de cette transformation.

Micromètre électrique. — M. P.-E. Shaw a, dans un mémoire du 13 avril 1905 à la Société royale de Londres, exposé les particularités d'un micromètre qu'il a étudié et appliqué à certaines recherches téléphoniques.

Le principe mis en œuvre dans ce micromètre consiste à apprécier, par une mesure électrique, la distance minima qui sépare la pointe du levier du micromètre de l'objet à mesurer, sous une différence de potentiel de 0,01 volt. Le courant peut révéler le contact de la vis et de la pièce étudiée, la plus petite distance mesurable entre les deux étant de 0,4 millimicron. Un système de 6 leviers réalise une réduction du mouvement de la vis micrométrique dans le rapport de 1000 à 1. Les leviers de contact sont en platine iridié. La plaque en contact avec la vis micrométrique est en agate. L'appareil est aussi rapide que le micromètre à microscope, et sa sensibilité est 500 fois plus grande. Ses limites d'utilisation sont beaucoup plus étendues.

L'inventeur l'a utilisé pour étudier l'amplitude des variations d'un diaphragme téléphonique et pour déterminer les intensités minima perceptibles. Il a trouvé que :

Le plus petit son perceptible correspondait à une amplitude de 0,7 millimicron, les sons moyens, à 50 millimicrons, et qu'avec les sons d'une intensité excessive au téléphone, les amplitudes s'élevaient de 1000 à 5000 millimicrons.

Développement de l'Électricité au Japon. — Les Japonais n'excellent pas seulement dans les arts de la guerre, s'il faut en croire les statistiques américaines, car les chiffres d'importation de matériel électrique américain dépassent pour le Japon les chiffres de tous les autres pays. C'est ce qui résulte des statistiques du mois de mai, pour lesquelles les chiffres d'importation, pour les divers pays, en provenance des États-Unis, sont les suivants :

	Dollars.
Japon	267 834
Mexique	182 464
Canada	148 841
Brésil	62 897
Grande-Bretagne	33 815
France	17 711
Australie	15 620
Indes anglaises	12 414
Allemagne	11 880
Cuba	7 153
République Argentine	5 813
Iles Philippines	3 499
Afrique anglaise	2 773
Afrique centrale et Honduras anglais	2 464

Le Mexique tient donc aussi un rang très élevé parmi les pays non producteurs, mais utilisateurs, et en ce moment même le chiffre élevé d'importation qu'il représente est dû à l'installation de quelques grandes stations centrales de distribution électrique d'énergie, telle que celle de Necaxa et celles de la ville même de Mexico.

Machine à rectifier les collecteurs. — Cet appareil, qui porte le nom de *Philipps* et est mis sur le marché français par la maison Cadiot et C[ie], a pour objet de parer à la délicatesse d'opération qu'exige et aux inconvénients que présente le travail, au tour et à la lime, des collecteurs détériorés par l'usage et sur lesquels notamment se forment des méplats. La dureté de leur surface extérieure et le rattrapage de ces méplats nécessitent, comme on sait, une coupe profonde, dont le moindre défaut est de faire fléchir les lames vers l'axe du collecteur et d'endommager le mica qui les isole. Les balais en charbon, généralement employés aujourd'hui, sont plus sensibles que tous les autres aux petites irrégularités de la surface et exigent une perfection encore plus grande à cet égard. Enfin les ennuis et les difficultés de l'enlèvement des induits et de leur remplacement momentané par un autre plaident également en faveur d'un système mettant à l'abri des exigences anciennes.

Tel est l'objet de l'outil en question, qui s'applique aisément sur la dynamo et permet de meuler rapidement son collecteur, l'arbre de la meule étant commandé directement au moyen d'une roue à friction en caoutchouc qui roule sur le collecteur et dont l'arbre, d'une rigidité absolue, est maintenu de manière à tourner, sans vibrations, à la vitesse normale de la machine.

Le travail et le déplacement sont d'ailleurs automatiques, ce qui réduit à une simple surveillance, après ajustage convenable, le rôle de l'ouvrier.

Inutile de dire que, bien compris, bien exécuté et bien monté, cet appareil peut rendre de très grands services, notamment à bord des navires et dans les exploitations de mines, tramways et chemins de fer électriques.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Acy-en-Multien (Oise). — *Station centrale.* — Encore une nouvelle station centrale à enregistrer. Nous apprenons en effet que MM. Menot père et fils et Deneuville, qui, il y a quelques mois, ont installé à Acy une station électrique, s'offrent à faire l'éclairage public moyennant une redevance de 800 fr par an, avec un traité d'engagement de vingt ans.

19 lampes seraient établies à leurs frais en différents points de la commune. L'entretien de celles du magasin de la pompe et de la mairie, serait à la charge des concessionnaires.

En cas d'addition de lampes, les poteaux seront comptés au prix de 10 fr le mètre, et les consoles 30 fr pièce; les lampes et branchements à raison de 30 fr la lampe comptant 15 m de fil; le surplus des fils, en supplément et suivant leur section.

En outre, MM. Menot et Deneuville consentiront des abonnements aux particuliers, soit à la lampe, soit au compteur.

Les prix des abonnements à la lampe, seront par an :

Pour une lampe de 5 bougies	20 fr.
— 10 —	35
— 16 —	50

(Ces prix comprennent l'éclairage jour et nuit).

Les abonnements au compteur seront de quatre sortes :

Pour une consommation annuelle de 50 kw-h	40 fr.
— 100 —	75
— 200 —	140
— 300 —	195

Il sera également consenti des abonnements pour la force motrice, mais pour la commune seulement (car nous devons ajouter que MM. Menot et Deneuville ont l'intention de fournir l'énergie électrique également dans les communes voisines).

Le Conseil municipal d'Acy sera appelé à délibérer prochainement sur cet important projet.

Amiens. — *Transport d'énergie.* — Nous apprenons que suivant acte reçu par Mᵉ Devisme, notaire à Amiens, M. Edmond Bernheim, ingénieur, et M. René Robard, ingénieur, ont établi les statuts d'une Société anonyme sous la dénomination de : « *Société d'études des forces hydro-électriques de l'Ancre* ».

La Société a pour objet : les études relatives à l'établissement d'un barrage sur la rivière l'Ancre, et d'une usine électrique en vue d'obtenir l'énergie électrique; l'achat direct et la réalisation de toute promesse de vente de terrains et droits immobiliers, la construction, s'il y a lieu, de toute Société d'exploitation des forces motrices de l'Ancre et l'apport à cette Société de tous biens et droits.

Le siège de la Société est à Paris, rue de Rome, 27; la durée de la Société a été fixée à dix années. Le fonds social est de 250 000 fr.

Ont été nommés administrateurs :

MM. Henri Cahen, Henri Gaudet et Charles Duval.

Beaune. — *Station centrale.* — Il est toujours sérieusement question d'installer à Beaune l'éclairage électrique, car on nous informe que les pourparlers engagés à cet effet par les entrepreneurs et les intéressés, sont en bonne voie et sur le point d'aboutir.

Dax. — *Station centrale.* — On vient de discuter au Conseil municipal les clauses du nouveau cahier des charges relatif à la concession du monopole de l'éclairage électrique, cahier élaboré par la commission de l'éclairage. M. le Maire donne lecture des articles, et voici les principales modifications qui ont été apportées au cahier des charges primitif.

Comme base d'adjudication la ville a fixé des prix maxima pour l'emploi de l'énergie électrique affectée à l'éclairage, soit 4 c par hw-h pour la ville et 6 c par hw-h pour les particuliers.

Le futur concessionnaire sera dans l'obligation de fournir, soit à la ville, soit aux particuliers, l'énergie électrique pour les usages industriels au prix de 4 c l'hw-h, enfin toute soumission devra être conforme au modèle rédigé par la commission et approuvé par le Conseil municipal et par lequel tout soumissionnaire doit prendre l'engagement de fournir l'énergie moyennant les prix de 4 c et de 6 c l'hw-h (éclairage public et éclairage particulier), et sur lesquels prix il consentira un rabais de tant pour 100.

L'ensemble du cahier des charges a été voté par la majorité du conseil.

Le Pradet (Var). — *Distribution d'énergie électrique.* — Par un récent arrêté préfectoral cette commune a été autorisée à établir un réseau de canalisations électriques aériennes destiné à fournir l'énergie nécessaire à l'éclairage de cette commune en empruntant les voies publiques. Ce réseau sera probablement alimenté par les usines de la Société d'énergie électrique du Littoral Méditerranéen.

Osséja (Pyrénées-Orientales). — *Chemin de fer électrique.* — Il paraîtrait que les études du quatrième lot du chemin de fer électrique de Villefranche à Bourg-Madame touchent à leur fin; le dernier plan parcellaire vient d'être fini, et la réalisation de ce projet n'est plus maintenant que l'affaire de quelque temps.

Au commencement de l'année prochaine on travaillera sur toute la ligne.

ÉTRANGER

Naples. — *Chemin de fer électrique du Vésuve.* — Cette installation a été ouverte il y a peu de temps à l'exploitation. La première section, d'une longueur de 3 km, est constituée par une voie ordinaire à simple adhérence avec une rampe maxima de 0,025 et un rayon de courbure minimum de 80 m : cette section est comprise entre Pugliano, partie supérieure d'un faubourg de Naples, et la station centrale génératrice où le courant continu à 550 v est produit par des moteurs à gaz actionnant des dynamos. La deuxième section, de 1,5 km, est à crémaillère et va jusqu'à la station d'Eremo Osservatorio: entre l'origine et l'extrémité de cette section il y a une différence d'altitude de 340 m. Les 3 derniers kilomètres sont équipés en voie ordinaire jusqu'à la station d'où part le funiculaire. La voie est établie en rails Vignole de 20 kg par m courant maintenus sur des traverses de chêne. La crémaillère est du système Strub; les moteurs ont été construits par la fabrique de locomotives de Winterthur et les génératrices à courant continu par Brown Boveri. La ligne de prise de courant est aérienne; elle consiste en un fil de cuivre dur de 8 mm de diamètre dans les sections à adhérence et en deux fils de cuivre de même diamètre dans la section à crémaillère. La ligne aérienne est soutenue par des suspensions élastiques fixées à des mâts en fer. Le retour du courant se fait par les rails dont l'éclissage électrique est assuré par une pâte ou un mastic métallique placé entre les rails et l'éclisse ordinaire. Les voitures automotrices ont un poids de 8,5 tonnes et sont poussées ou retenues, dans la section à crémaillère, par une locomotive de 10,5 tonnes portant 2 moteurs de 60 kw. Il y a 3 freins, dont un frein électrique et un frein magnétique agissant sur les rails.

ALLIAGES MAGNÉTIQUES SANS FER

MM. Fleming et Hadfield viennent d'étudier, au Pender Electric Laboratory of University College, de Londres, des échantillons de curieux alliages, dont le premier spécimen, dû à M. Heusler, avait fait, il y a environ un an, l'objet d'une communication de M. Hadfield à la British Association réunie à Cambridge. Ces alliages, essentiellement composés de cuivre, d'aluminium et de manganèse, présentent de façon très nette les propriétés magnétiques des dérivés du fer ou tout au moins du cobalt et de la fonte dure, ce qui, de toute façon, les classes en dehors des corps réellement paramagnétiques.

Avant tout, les Anglais ont, selon leur habitude, baptisé ce genre d'alliage d'un de ces noms barbares dont ils ont la spécialité et l'ont par abréviation de copper, aluminium et manganèse, appelé « *Copalmanese* », désignation dont le moindre défaut est de donner l'idée, absolument fausse, de « copal » comme radical de ce mot.

Les mesures magnétiques exactes qu'il s'agissait de prendre exigeaient tout d'abord la confection d'anneaux homogènes et réguliers de l'alliage en question. Il en a été établi deux échantillons, dont la composition chimique était, pour l'un que nous appellerons « n° 1 » : manganèse 22,42; cuivre 60,49; aluminium 11,65 pour 100; plus quelques centièmes de matières étrangères, scories, etc., parmi lesquelles l'analyse a révélé la présence de : carbone 1,5; silice 0,57; fer 0,21 pour 100. L'autre anneau (n° 2) contenait approximativement : manganèse 18; cuivre 68; aluminium 10; plomb 4 pour 100.

Ces alliages ne jouissent malheureusement que de médiocres qualités mécaniques : ils sont cassants et ne se laissent pas forger. Obtenus par fusion, les anneaux en question ont été mis, au tour, en la forme voulue, soit au diamètre extérieur moyen de 12,4 cm sur une section carrée de 1 cm². Les dimensions en ont été d'ailleurs soigneusement contrôlées et exactement déterminées suivant quatre lignes diamétrales angulairement espacées de 45 degrés.

Ils ont été ensuite très minutieusement enroulés de circuits électriques, primaire et secondaire, en fils parfaitement isolés et en nombres de spires exactement comptés.

Les dimensions relevées sur le n° 1 ainsi bien régulièrement établi ont donné comme aire moyenne enveloppée par la ligne centrale d'une spire du circuit secondaire 1,2097 cm²; la section droite de l'anneau métallique, calculée comme il est dit ci-dessus, étant de 1,1129 cm², la différence représentait un intervalle d'air traversé par le flux magnétique dû à la bobine primaire seule.

Les mesures magnétiques ont été prises de la manière ordinaire, à l'aide d'un galvanomètre balistique à bobine mobile, dont la période d'oscillation était de quatre secondes environ. La bobine secondaire de l'anneau était reliée en série à la bobine du galvanomètre, avec une boîte de résistance et une bobine secondaire d'étalonnage, cette dernière placée à l'intérieur d'un long solénoïde ou bobine primaire d'étalonnage, dans laquelle on pouvait créer, au moyen d'un courant d'intensité donnée, un champ magnétique déterminé. Les courants étaient mesurés par un potentiomètre. Le mode de procéder a d'ailleurs été celui couramment employé pour la détermination de la courbe d'aimantation $\mathcal{B} = f(\mathcal{H})$ et des boucles d'hystérésis.

Les courbes cycliques d'induction étaient relevées par application, à l'anneau, d'une force magnétisante maximum connue, réduite ensuite brusquement à une valeur moindre dans le même sens ou en sens inverse. Dans ces conditions, la variation du flux traversant la bobine secondaire se trouvait déterminée et les courbes d'induction cyclique s'en dégagaient comme d'ordinaire. La surface enveloppée par la ligne axiale d'une spire du circuit secondaire dépassant légèrement, comme on l'a vu, la section droite transversale de l'anneau métallique, une correction s'imposait pour la véritable induction dans le métal même. $\mathcal{B}'$ étant l'induction observée, $\mathcal{B}$ l'induction réelle et $\mathcal{H}$ la force magnétisante, on avait, d'après les dimensions précédemment données :

$$1,1129\,\mathcal{B} = 1,2097\,\mathcal{B}' - 0,0968\,\mathcal{H}.$$

La première série d'observations a fourni les courbes ordinaires d'induction correspondant à une augmentation progressive de la force magnétisante $\mathcal{H}$ et à la mesure de l'induction $\mathcal{B}$ à la suite du renversement de la force magnétisante pour chacun des points considérés; on calculait en même temps les valeurs de la perméabilité μ pour chaque valeur de $\mathcal{B}$.

Dans les essais résumés par la courbe 1, la force magnétisante a été portée jusqu'à 225 gauss, limite de sécurité au point de vue de la destruction éventuelle de l'iso-

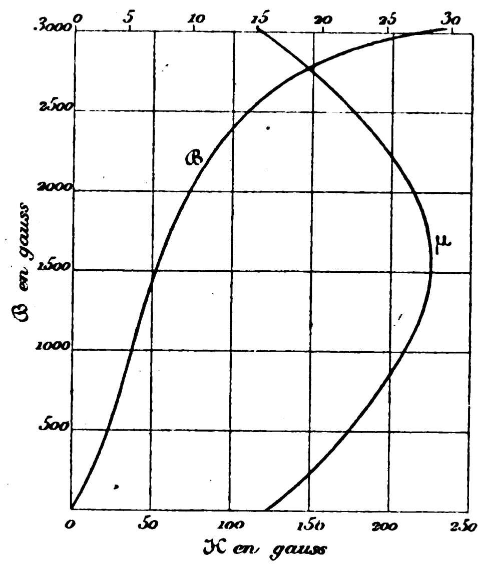


Fig. 1. — Courbes d'induction et de perméabilité de l'alliage n° 1.

lement de la bobine primaire. On y voit que la courbe d'induction pour l'alliage magnétique n° 1 possède tous les caractères bien connus de ces congénères pour les métaux du groupe ferromagnétique (fer, nickel et cobalt). On y constate également que la perméabilité est fonction de l'induction et atteint une valeur maximum voisine de 28.

La série suivante d'observations comprend un certain nombre de courbes cycliques d'aimantation correspondant à des valeurs maximum diverses et croissantes de la force magnétisante. Les résultats en sont condensés dans l'ensemble de boucles hystérétiques de la figure 2 où

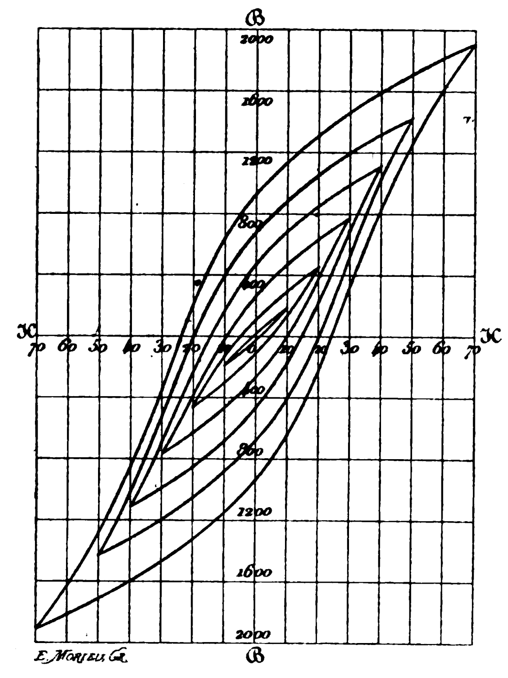


Fig. 2. — Boucles hystérétiques de l'alliage n° 1.

les forces magnétisantes varient, dans les deux sens, de 10 à 70 gauss,

Les surfaces limitées par ces courbes étant exprimées en cm², il suffit d'en diviser la valeur par 4 π pour avoir la perte correspondante d'énergie volumique (W/V), en ergs par cm³, par cycle d'aimantation. C'est ce que donne la figure 3 qui exprime la relation entre (W/V) et $\mathfrak{B}$ ou la dépense d'énergie volumique nécessaire pour faire parcourir à l'alliage un cycle magnétique complet, ainsi que la valeur maximum de l'induction pendant ce cycle. Cette courbe (à gauche sur la figure) est concave vers le haut. Si, au lieu de la tracer sur les valeurs mêmes ci-dessus, on la trace sur leurs logarithmes, on obtient une ligne presque droite (côté droit de la figure).

La première de ces courbes peut être représentée, comme fonction exponentielle de l'induction maximum, par une expression de la forme connue

$$(W/V) = \eta \mathfrak{B}^{n}_{max},$$

dans laquelle n est un exposant et η une certaine constante.

Alors que, suivant l'expression de Steinmetz, cet exposant est, pour le fer, le nickel et le cobalt, très voisin de 1,6, les expérimentateurs ont trouvé ici, pour ledit exposant hystérétique et pour des valeurs de $\mathfrak{H}$ comprises entre 10 et 70 gauss, la valeur beaucoup plus élevée de 2,238, et l'expression ci-dessus se compléterait, dans

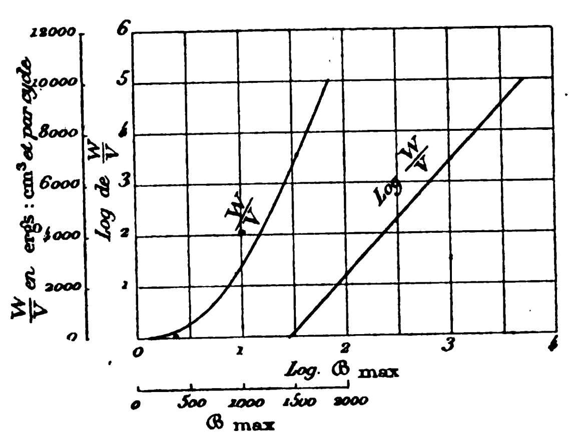


Fig. 3. — Perte hystérétique de l'alliage n° 1.

les conditions de l'expérience et pour l'échantillon considéré, par :

$$(W/V) = 0{,}0005\,495\,\mathfrak{B}^{2{,}238}_{max} \text{ ergs : cm}^3.$$

Ces observations les ont conduits aux conclusions suivantes :

1. L'alliage n° 1, composé comme ci-dessus, présente des propriétés magnétiques analogues à celles des corps du groupe fer faiblement magnétiques.

2. La courbe d'induction (coordonnées $\mathfrak{B}$ et $\mathfrak{H}$) a la même allure générale que celle fournie par la fonte et montre que, avec une force magnétisante suffisante, on atteindrait probablement un état de saturation magnétique.

3. L'alliage en question présente le phénomène d'hystérésis : il faut dépenser de l'énergie pour en renverser l'aimantation et lui faire parcourir un cycle magnétique.

4. Cet alliage a une perméabilité maximum de 28 à 30, peu inférieure à celle du cobalt ou de la fonte de basse qualité pour de faibles forces magnétisantes et occupe, à cet égard, comme l'oxygène liquide et le chlorure de fer, une position intermédiaire entre les corps ferro-magnétiques et les corps nettement paramagnétiques.

5. L'alliage en question jouit, en conséquence, de force coercitive ; il n'est pas simplement magnétique, mais peut s'aimanter de façon permanente.

De ces premières observations se dégagent les conclusions ci-après : Contrairement à ce que l'on croyait jusqu'ici, les propriétés magnétiques des corps fer, nickel et cobalt ne leur seraient pas inhérentes ; ces substances ne seraient pas formées de groupes moléculaires magnétiques de façon permanente et que l'aimantation ou la désaimantation orienterait ou désorienterait ; elles ne seraient pas magnétiques par elles-mêmes ;

l'aptitude à l'aimantation ne serait pas chez elles une propriété de l'atome chimique; elle dépendrait essentiellement, en fait, du groupement d'un nombre comparativement élevé de molécules; d'où la possibilité éventuelle d'obtenir des alliages sans fer aussi et même plus magnétiques que le fer même.

Des essais analogues ont été entrepris sur l'alliage n° 2 qui contenait, comme on l'a vu, 5 pour 100 de manganèse de moins et 8 pour 100 environ de cuivre de plus que l'échantillon n° 1 et renfermait en outre 4 pour 100 de plomb. Conduits de la même façon, ils ont donné des résultats tout à fait analogues, à cela près que l'exposant hystérétique est ici de 2,288, différant ainsi peu du précédent (2,238), tandis que les constantes hystérétiques sont très différentes d'un échantillon à l'autre, 0,000 776 pour le dernier, contre 0,000 5495 pour le premier. On a, en effet, pour cet alliage n° 2 :

$$(W/V) = 0{,}000\,776\,\mathfrak{B}_{max}^{2{,}288} \text{ ergs par cm}^3.$$

Dans tous les cas, ces alliages présentent beaucoup plus d'hystérésis que le fer pur, le nickel et le cobalt, pour des cycles correspondants d'aimantation.

Il resterait à répéter ces expériences à différentes températures et à déterminer la température critique à laquelle ces alliages perdent leur susceptibilité magnétique. Nous attendons la suite de ces très intéressantes recherches. E. B.

SUR LA SÉPARATION DES PERTES

DANS LES

DYNAMOS A COURANT CONTINU

On peut employer la méthode d'amortissement pour séparer les pertes par frottement des autres. Si on a tracé la courbe donnant à chaque instant la vitesse angulaire (exprimée en tours par minute, fig. 1), la puissance absorbée à une vitesse donnée est proportionnelle à la sous-tangente AB; on doit donc déterminer la valeur de la constante par laquelle on doit multiplier AB pour avoir la perte correspondante.

Quand la dynamo a de grandes dimensions, on peut tracer la courbe d'amortissement, la dynamo étant excitée, et en déduire la constante, car on peut déterminer la puissance absorbée à vide à la vitesse donnée, et elle est égale à celle que l'on déduit de la courbe (¹).

Quand la dynamo a des dimensions plus réduites, la durée du ralentissement avec excitation est trop courte pour que l'on puisse tracer la courbe de la vitesse pour déterminer la constante; tandis qu'ordinairement on peut tracer la courbe dans le cas de la dynamo non excitée, la période d'amortissement étant beaucoup plus longue.

M. W. Linke indique, dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 29 juin 1905, une méthode qui permet de déterminer la constante C, même quand la dynamo excitée s'arrête

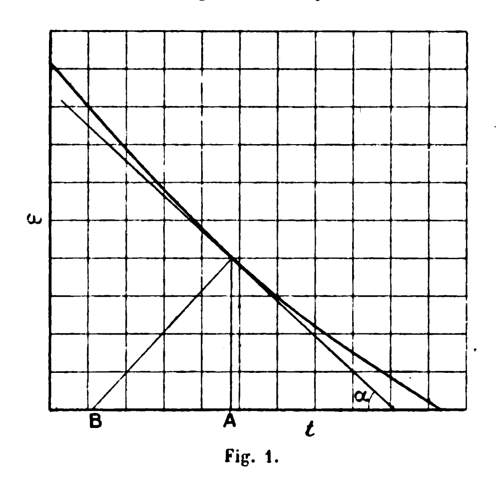


Fig. 1.

trop vite pour que l'on puisse relever la courbe des vitesses. (M. Linke cite l'exemple d'une machine de 15 kw, avec laquelle l'arrêt a lieu au bout de 10 secondes, la machine étant excitée.)

Dans la méthode de M. Linke, on relève en fonction de ω, la puissance absorbée à vide P_v, la dynamo étant très fortement excitée; on trace cette courbe pour des valeurs très faibles de ω (fig. 2). Puis on lance la machine

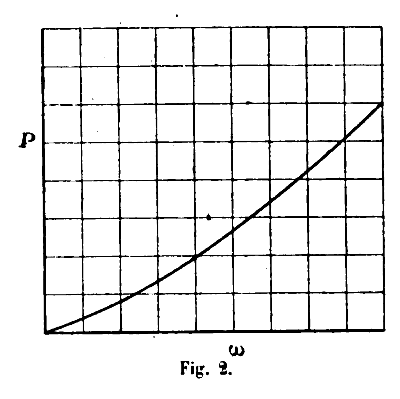


Fig. 2.

excitée identiquement, et on détermine le temps T qu'elle met à passer de la vitesse correspondante à la vitesse zéro.

On a, d'une façon générale, dans un système tournant, les relations suivantes entre la puissance, la force, la masse, la vitesse et l'accélération

$$P = Fv$$

et comme

$$F = Ma; \quad P = M\,.\,a\,.\,v; \quad \text{et} \quad \frac{P}{v} = Ma.$$

Mais comme la masse est constante :

$$v = K\omega;$$

$$\frac{P}{K\omega} = a;$$

(¹) On peut également employer la méthode indiquée par M. Routin, qui consiste à ajouter un couple auxilliaire connu.

d'où

$$Ka = \frac{P}{\omega}.$$

Pour appliquer cette relation, on détermine (fig. 3) une série de valeurs de $\frac{P}{\omega}$, déduites de la courbe de la puissance à vide, et on porte ces valeurs en fonction de ω, ce

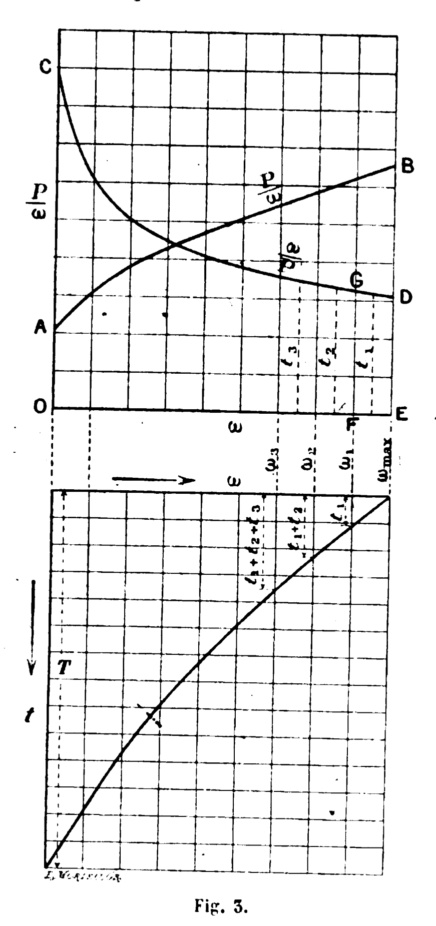


Fig. 3.

qui donne la courbe AB dont les ordonnées sont proportionnelles à a.

Mais

$$a = \frac{dv}{dt} \qquad dt = \frac{1}{a}\,dv$$

$$t = \int dt = \int \frac{1}{a}\,dv = K_2 \int \frac{1}{a}\,d\omega.$$

On trace d'abord la courbe CD des valeurs de $\frac{1}{a}$, en prenant les valeurs réciproques de la courbe AB, ce qui donne, pour le temps total :

$$T = K \int_0^{\omega_{max}} \frac{1}{a}\,d\omega$$

La surface OEDC représente donc T; la surface FEDG représente le temps t_1 pour la période d'amortissement de ω_1 à 0, et on a :

$$\frac{T}{t_1} = \frac{\text{surface OEDC}}{\text{surface FEDG}}.$$

On peut donc en déduire la valeur de t_1, tracer ainsi par points la courbe d'amortissement et calculer la constante. On doit donc partager la surface OEDC en bandes égales, par exemple de 100 en 100 tours par minute et mesurer les ordonnées moyennes de ces bandes, ce que l'on peut faire avec une approximation suffisante. L'ordonnée moyenne est une mesure de la surface de la bande, pour le temps t_1, tandis que la somme des ordonnées moyennes est proportionnelle à T. La courbe d'amortissement (fig. 3) peut donc être tracée et la constante déterminée.

M. Linke a appliqué cette méthode à une dynamo du laboratoire de l'École supérieure de Hanovre, qui a une durée d'amortissement de 40 secondes environ, non excitée, mais qui, avec l'excitation normale, s'arrête au bout de 10 secondes. Les résultats donnés par cette méthode n'ont jamais différé entre eux de plus de 2 pour 100. Ainsi que le fait remarquer M. Linke, on est obligé de mesurer la puissance à vide, et on a les inconvénients de cette méthode, notamment l'inconvénient de la réaction du champ d'induit sur le champ inducteur. Mais comme on peut employer une excitation très élevée, le rapport de la force magnétomotrice de l'induit à l'excitation est alors très petit et l'erreur commise faible.

F. L.

APPLICATION DE LA TRACTION ÉLECTRIQUE

AU

TRANSPORT DES CORRESPONDANCES ET DES COLIS POSTAUX

La question de la traction à grande vitesse sollicite, de plus en plus, l'attention des ingénieurs et des constructeurs.

Les essais faits entre Marienfeld et Zossen, avec le concours de la maison Siemens et de l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* ont montré la possibilité d'atteindre une vitesse de 200 km par heure sur une voie de chemin de fer convenablement établie.

En France, une société d'études, créée sous le nom de Société des Chemins de fer électro-postaux, s'est proposé de déterminer, avec des moyens plus restreints, les conditions techniques et économiques du transport rapide des correspondances et des petits colis, de manière à étendre aux communications interurbaines les avantages que présente la poste pneumatique dans l'intérieur des grandes villes.

Les indications que nous sommes en mesure de donner sur les dispositions adoptées à la suite de ces études, présenteront, croyons-nous, quelque intérêt pour les lecteurs de *L'Industrie électrique*.

D'après le programme tracé par l'objet que l'on avait en vue, il s'agissait d'étudier pratiquement les conditions auxquelles doivent satisfaire des lignes et un matériel destinés au transport rapide de fardeaux légers à la vitesse de 250 km à l'heure.

Les véhicules devant être abandonnés à eux-mêmes sans être accompagnés d'un conducteur, il importe de les protéger contre la malveillance et de les soustraire à l'action du vent qui pourrait, dans bien des cas, entraver leur fonctionnement. Comme il est évident, d'ailleurs, qu'une voie formée par un câble tendu entre des pylones ne présenterait pas la rigidité et la solidité nécessaires pour la réalisation des vitesses élevées, il fallait adopter un système de voie posée sur une assise solide de forme invariable. On se trouve ainsi conduit à faire circuler les véhicules dans un tunnel, dont la paroi donne de grandes facilités pour la pose du guidage et celle des conducteurs électriques.

La réalisation d'une vitesse de 250 km par heure,

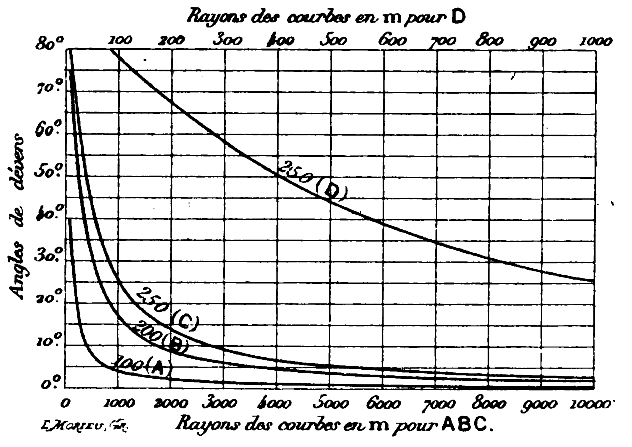


Fig. 1. — Inclinaisons (en degrés) en fonction du rayon de courbure (en m).

soit 70 m par seconde, impose des conditions spéciales dont l'utilité ne se manifeste pas aux vitesses usuelles.

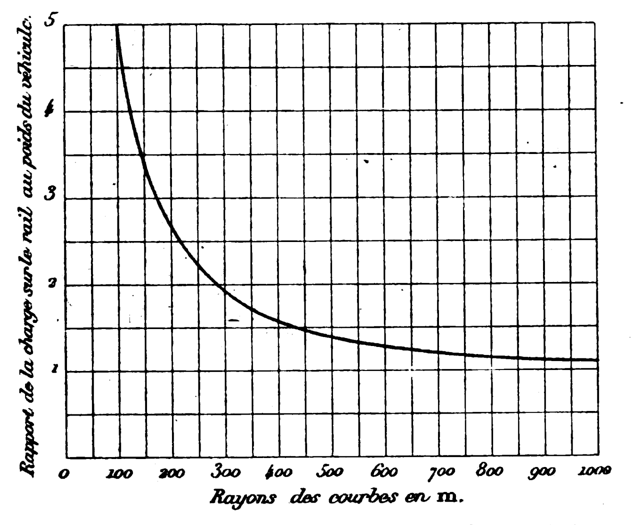


Fig. 2. — Rapport de la charge sur le rail au poids du véhicule pour différents rayons de courbure à la vitesse de 250 km : h.

Dans le passage des courbes par exemple, la résultante

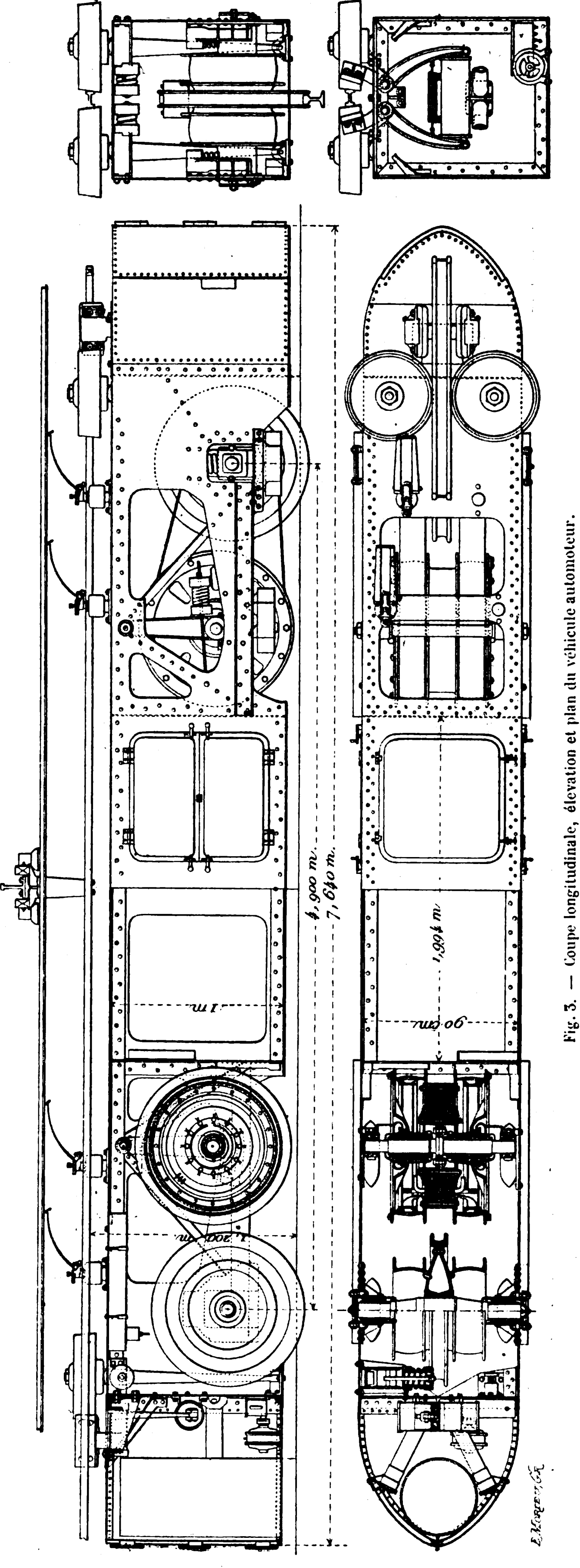


Fig. 3. — Coupe longitudinale, élévation et plan du véhicule automoteur.

de la force centrifuge et de la pesanteur fait avec la verticale un angle dont la valeur augmente à mesure que le rayon de courbure diminue. La figure 1, dans laquelle on a porté pour trois vitesses différentes les inclinaisons

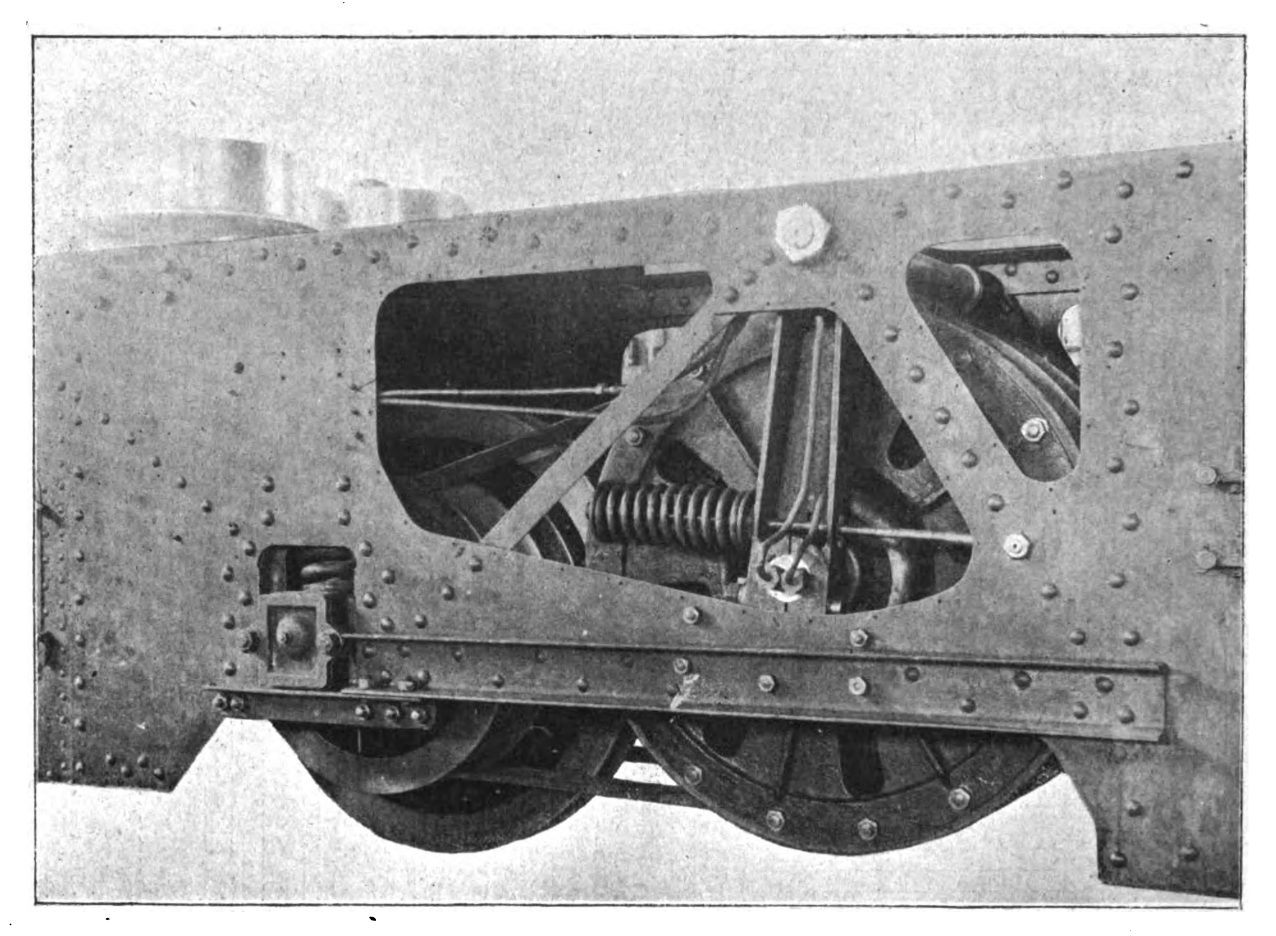


Fig. 4. — Vue avant du véhicule.

en fonction du rayon de courbure, montre l'importance que prend l'inclinaison à la vitesse de 250 km par heure.

Pour que la résultante des efforts auxquels est soumis le véhicule passe toujours par l'axe de la voie, celle-ci doit être inclinée de l'angle correspondant au rayon de courbure. C'est ainsi, par exemple, que pour une courbe de 500 m de rayon le véhicule se trouve incliné à 45°, de sorte que, sur une voie ordinaire à deux rails, le véhicule ne serait plus en équilibre s'il venait soit à s'arrêter, soit même à ralentir sur une courbe. On s'est trouvé ainsi amené à adopter un rail porteur unique et un rail guide disposé au-dessus du véhicule. Chacun d'eux est monté sur un coursier circulaire dont le centre est au voisinage du centre de gravité du véhicule; ils peuvent ainsi occuper une position quelconque sur ce coursier et par conséquent être fixés suivant l'inclinaison qui correspond au rayon de courbure.

La force centrifuge a pour effet d'augmenter la charge sur le rail et sur les fusées de roulement. La courbe (fig. 2) donne le rapport de la charge sur le rail au poids réel du véhicule pour des courbes de 100 m à 1 km de rayon à la vitesse de 250 km à l'heure. L'adoption de courbes de très grands rayons peut donner lieu à des

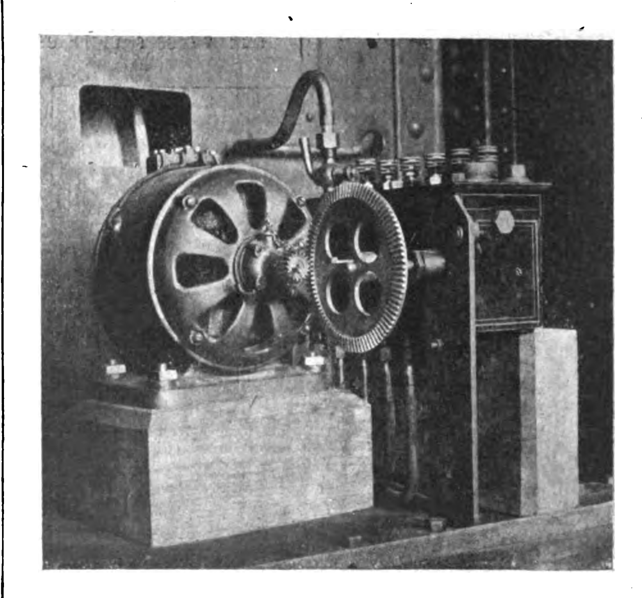


Fig. 5. — Dispositif du système de graissage.

difficultés dans le tracé; par contre, les faibles rayons

conduisent à renforcer les essieux, ressorts, etc., et par suite à augmenter les pertes par frottements. Il faudra donc, dans les applications, choisir un moyen terme, en limitant à 45° par exemple l'inclinaison de la voie; ce qui conduira à réduire la vitesse ou à consentir une charge horizontale sur les rails lorsque le rayon de courbure sera inférieur à 500 m. Le passage d'un rayon de courbure à un autre se fait par un raccordement dont la forme peut être déterminée par la condition de ne pas dépasser une certaine valeur pour le couple de renversement.

Comme le véhicule doit être abandonné à lui-même sur tout son trajet, il faut que sa vitesse conserve automatiquement sa valeur de régime, quels que soient les accidents du profil de la voie. Cette condition a été réalisée par l'emploi de moteurs à champ tournant dont la vitesse de rotation est, au glissement près, déterminée par la fréquence des courants alternatifs, et dont l'emploi présente, en outre, l'avantage de simplifier les appareils de transformation et de transmissiou d'énergie aux moteurs.

Comme la majeure partie du couple résistant est due

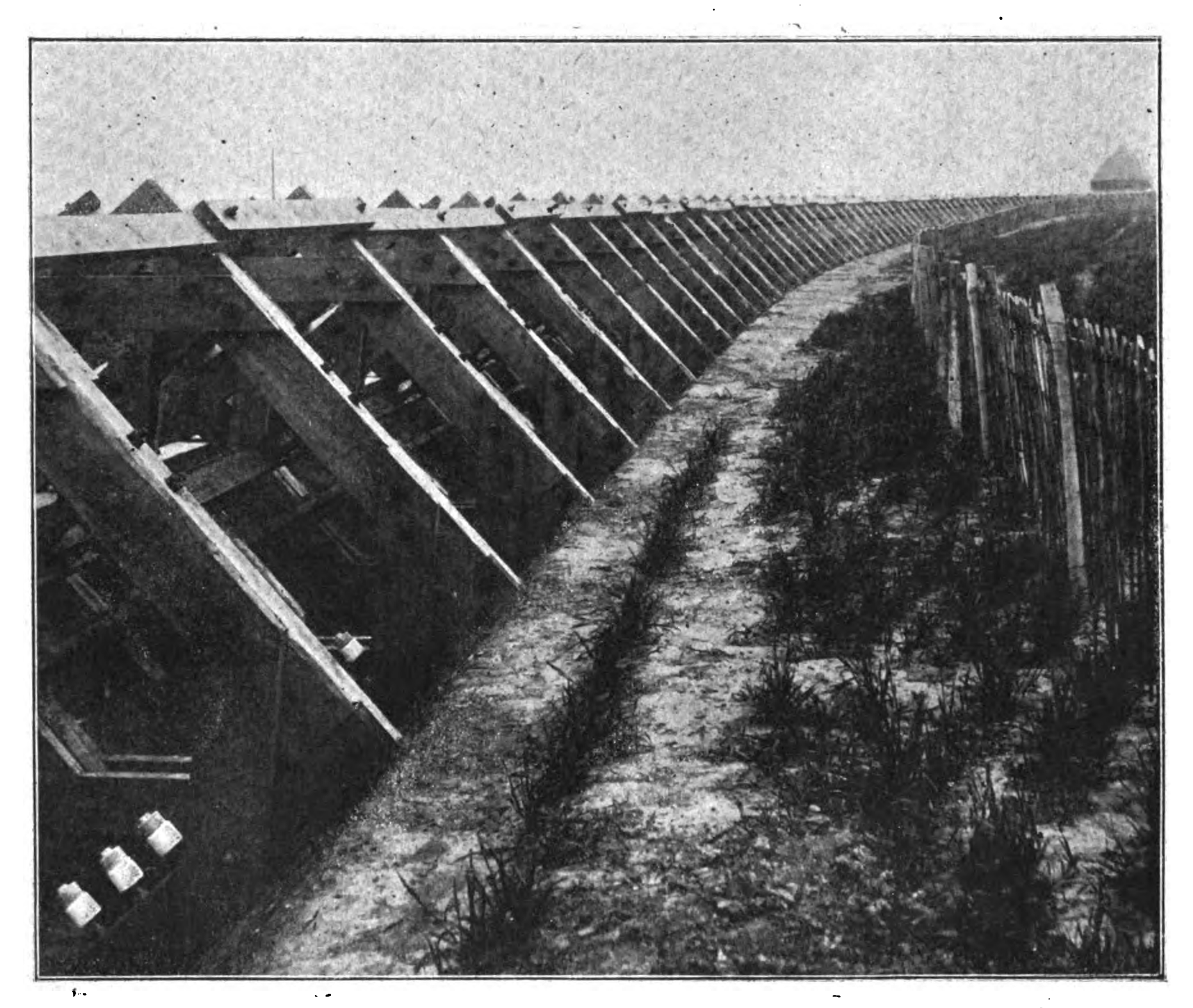


Fig. 6. — Vue extérieure de la piste d'expérience.

à la résistance de l'air qui, elle-même, est fonction de la vitesse du véhicule, le moteur d'induction démarre de lui-même et prend automatiquement sa vitesse de régime. L'étude du démarrage a montré que cette vitesse peut être atteinte en 5 minutes : il est d'ailleurs facile d'abréger cette durée en réduisant la fréquence des courants sur la section de départ.

Le véhicule, qui a été établi pour transporter un poids utile de 500 kg sous un volume d'environ 2 m³, a 7,64 m de longueur sur 1,05 m de largeur; sa hauteur au-dessus des rails est de 1,35 m. Il est constitué par deux longerons en tôle d'acier armés de cornières et divisé sur la longueur en cinq compartiments; les deux compartiments extrêmes, qui contiennent les appareils de freinage et de graissage, ont la forme d'une proue parabolique dont la surface est recouverte par des volets mobiles : les deux compartiments immédiatement voisins contiennent les appareils moteurs; le compartiment central, qui a environ 2 m de longueur, forme la capacité utile.

La disposition adoptée permet de modifier, s'il y a lieu, la capacité utile de la caisse et en particulier de l'augmenter sans accroître notablement le poids mort total et sans rien changer à la disposition des compartiments d'extrémités.

Le véhicule (fig. 5) est monté sur deux essieux, distants de 4,60 m, sur lesquels sont fixées les roues motrices en

acier forgé de 80 cm de diamètre. Les boites à huile sont d'un type analogue à celles qui sont employées dans le matériel des chemins de fer; toutefois le coussinet entoure complètement la fusée et, en raison des inclinaisons que peut prendre le véhicule, le graissage ordinaire à mèche a été complété par une arrivée d'huile à la partie supérieure du coussinet.

Le véhicule est guidé à sa partie supérieure par deux paires de galets entre lesquels passe le rail guide. Les axes de ces galets sont articulés à la partie inférieure et retenus dans des glissières par l'intermédiaire de ressorts. Un autre ressort rappelle l'un vers l'autre les axes de la paire de galets de manière à assurer un contact permanent sur le rail.

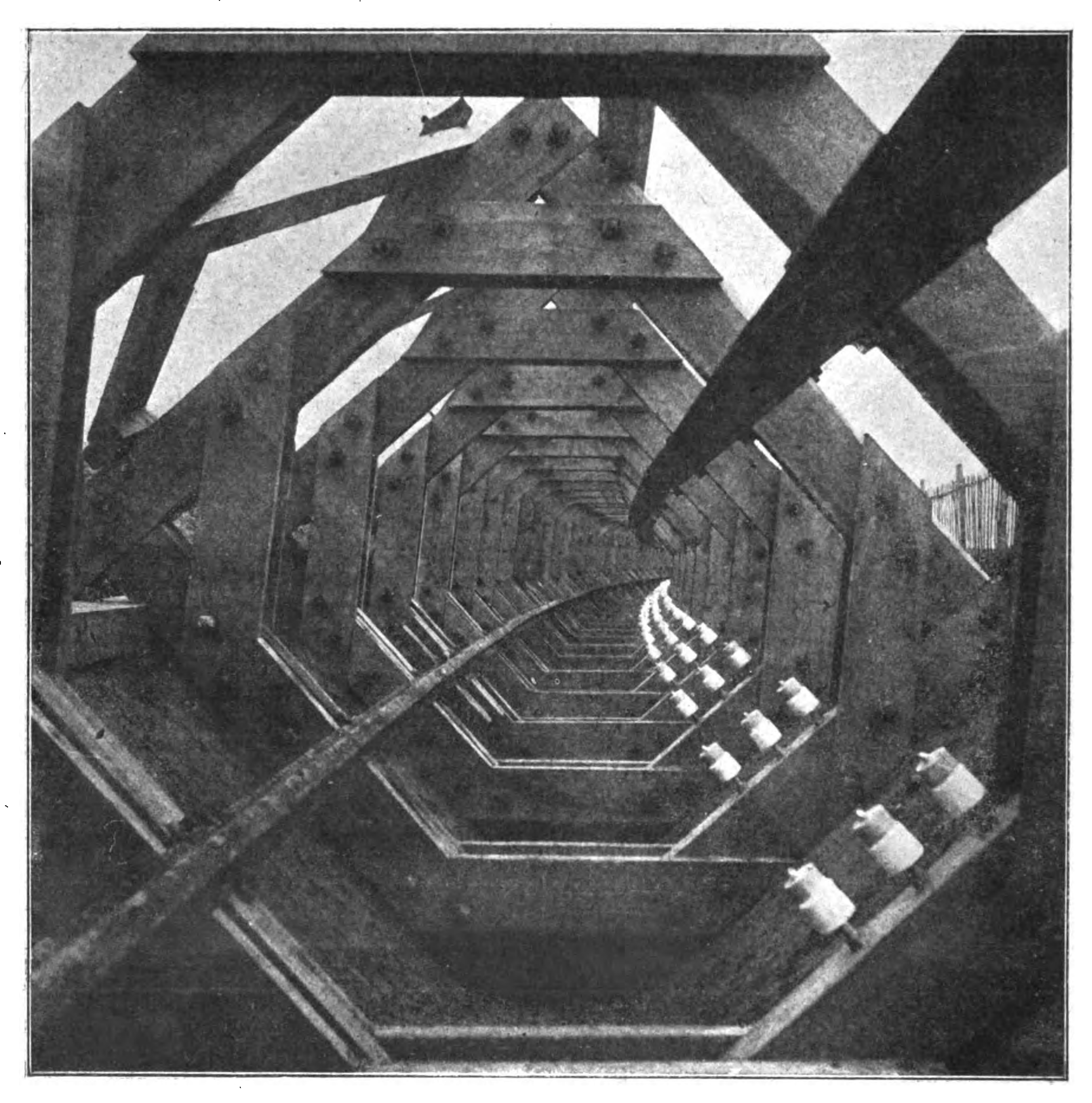


Fig. 7. — Vue intérieure de la piste d'expérience.

Chacune des roues motrices est pourvue de deux poulies actionnées par un moteur à l'aide de deux courroies. Le moteur à courants triphasés, à 4 pôles, est d'une construction spéciale (fig. 5); l'induit, ou rotor, en court-circuit est extérieur et le stator, placé au centre, est monté sur un arbre fixe. Le rotor repose sur cet arbre par deux coussinets tournants auxquels l'huile est amenée par des canaux percés dans l'arbre fixe. A la sortie du coussinet l'huile recueillie par une gouttière fixe est renvoyée au réservoir.

Le diamètre des poulies du moteur, formées par l'enveloppe extérieure du rotor, est de 80 cm; le diamètre des poulies actionnant la roue est de 50 cm.

Pour assurer la tension uniforme des courroies malgré leur peu de longueur, le moteur a été suspendu au châssis par deux balanciers qui lui permettent de tourner d'un petit angle autour de l'axe; ces deux ressorts servent à donner aux courroies la tension nécessaire. Pour éviter la fatigue de l'axe dans le cas où le véhicule s'arrête accidentellement sur une courbe, le poids du mo-

teur a été reporté directement sur le châssis par des patins. Le véhicule en ordre de marche pèse 6750 kg.

La figure 4 donne une vue de la partie antérieure du véhicule avec les deux galets-guides, la suspension élastique du moteur et la commande de la roue.

Le graissage des différents organes en mouvement est assuré par deux groupes (un à chaque extrémité) de six pompes indépendantes dont chacune alimente directement un des points à lubrifier (fig. 5). Chaque groupe de six pompes est commandé par un arbre à cames mû par un électromoteur à courant continu alimenté par une batterie de 14 accumulateurs de 30 A-h de capacité.

Le véhicule, lancé à la vitesse de 250 km par heure, s'arrête en 5 minutes environ sur une courbe de 500 m de rayon. Cette durée peut être notablement réduite si l'on augmente la résistance de l'air, en déployant les ailes qui, pendant la marche, sont rabattues sur la proue, à l'aide d'un piston mû par de l'air comprimé dans un réservoir spécial; le déplacement du piston est déterminé par l'ouverture d'une soupape. Pendant la marche normale du véhicule cette soupape est maintenue fermée par un fil métallique qui, à l'entrée de la section d'arrêt, est coupé par la rencontre d'un couteau fixe. Il sera, en général, possible de donner aux sections d'arrêt une longueur suffisante pour que le freinage se fasse sous la seule action des ailes; mais on a prévu, en outre, un frein automatique de secours formé de patins qui viennent serrer le rail-guide de manière à obtenir l'arrêt sur une distance moindre s'il est nécessaire.

Afin de pouvoir procéder à coup sûr à une installation définitive, il était nécessaire de s'assurer, par une expérience préalable, que les dispositions prévues permettraient de maintenir le véhicule à la vitesse de régime pendant un temps suffisant, de manière à étudier le mode de fonctionnement des divers organes et à les modifier, au besoin, d'après les indications de la pratique. Ces essais ont été faits sur une piste circulaire continue de 500 m environ de rayon et, comme ils ne devaient avoir qu'une durée restreinte, on a remplacé le tunnel en maçonnerie par une construction plus légère et moins coûteuse formée de cadres en charpente partiellement enterrés dans le sol.

La figure 6 donne la vue extérieure de cette piste et la figure 7 la vue intérieure montrant la position du rail de roulement (type ordinaire des chemins de fer pesant 45 kg le mètre courant) ainsi que celle du guide supérieur constitué, dans le cas actuel, par un fer à double T dont l'âme est inclinée à 45°; les cadres sont reliés entre eux par des croix de Saint-André et par une lisse continue réunissant les sommets.

La tension composée des courants utilisés pour les expériences était de 1000 volts à la fréquence 40.

La ligne électrique comprend trois conducteurs parallèles en cuivre, de 76 mm² de section, maintenus par des tendeurs à ressorts distants de 150 m environ, de manière à réduire la flèche au minimum, quelles que soient les variations de température. Les prises de courant s'effectuent par deux groupes de trois archets (un à chaque extrémité du véhicule) dans lesquels la masse de la partie mobile a été réduite au minimum; ces archets sont tendus par un double système de ressorts, et ils peuvent être tournés de 180° afin de se prêter aux deux sens de marche.

Les essais, commencés au mois d'octobre dernier, ont été suspendus pendant les mois d'hiver que l'on a mis à profit pour modifier certaines parties de l'installation. Reprises au printemps de cette année, ces expériences ont montré que l'on pouvait, à l'aide de courants alternatifs triphasés, réaliser pratiquement des vitesses de 250 km par heure pour un service régulier de transport. Elles ont fourni, en outre, sur les conditions de traction à grande vitesse, des renseignements techniques intéressants, sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir avec plus de détails.

M. D.

UN NOUVEAU FILAMENT DE CHARBON

Une nouvelle variété de carbone! Tel serait, en somme, le résultat des données que vient de fournir à l'*American Institute of Electrical Engineers* M. John W. Howell sur un nouveau filament de charbon étudié par lui. En dehors du grand intérêt qu'il présenterait en raison de ses propriétés physiques, il jouirait d'une valeur pratique considérable par suite de sa durée beaucoup plus grande dans les lampes à incandescence et de son rendement notablement plus élevé, comparativement aux filaments connus jusqu'ici.

Ces nouvelles propriétés seraient dues à l'action de températures extrêmement élevées sur un filament de charbon ordinaire, et leur valeur dépendrait des conditions d'application de ces hautes températures.

Sans rentrer dans le détail de la fabrication des filaments courants de lampes à incandescence, nous rappellerons qu'on désigne par « filament de base » le filament de cellulose mis en forme et carbonisé à la température du four à gaz, avant d'être *traité* par l'opération dite du *nourrissage*, qui le recouvre d'une couche ou gaine de graphite.

En expérimentant l'action du four électrique à résistance dans ces conditions, on a constaté que les filaments nourris subissaient de très remarquables transformations aux températures les plus élevées (3000 à 3700° C.) que puisse donner ce four. Le filament nourri change d'aspect, sa gaine de graphite semble avoir été fondue et sa résistivité diminue notablement, au point de se réduire, mesurée à la température ordinaire, à 20 pour 100 de sa valeur primitive.

Les courbes montrant les résistances d'un filament correspondant à différentes températures sont très remarquables. Elles sont données par la figure 1 pour un fila-

ment de base calciné, un filament nourri et calciné, une gaine de filament régulièrement nourri et une gaine calcinée ou recuite.

Les abscisses de toutes les courbes représentent le rapport (en centièmes) de la tension appliquée aux bornes

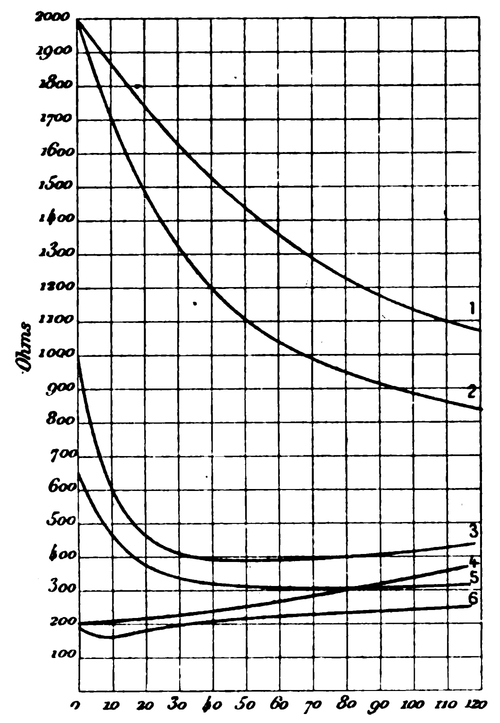


Fig. 1. — Variation de la résistance avec la température.

1, filament de base. — 2, filament calciné. — 3, gaine de filament nourri. — 4, gaine de filament nourri et calciné. — 5, filament nourri. — 6, filament nourri et calciné.

du filament à la tension pour laquelle ce filament absorbe 3,1 watts par bougie. Les ordonnées représentent les résistances correspondantes (pour les courbes 1, 2 et 5), et les résistances relatives, en centièmes, par rapport à la résistance à froid (pour les courbes 3 et 4).

Ces courbes montrent une chute plus rapide de résistance du filament de base après calcination, mais peu de changement quant à la forme de la courbe. La modification de résistance due à la calcination de la gaine nourrie est très considérable (réduction, à froid, de 1000 à 200 ohms), tandis que le profond changement de forme de la courbe pour cette gaine, par suite de la calcination, rapproche beaucoup l'une de l'autre les résistances de cette gaine dans les deux états.

La courbe de résistance d'un filament nourri calciné dépend de l'épaisseur relative du filament de base et de sa gaine, ainsi que de la température de cette calcination. Les figures 2 et 3 donnent des courbes afférentes à des filaments calcinés à cinq températures différentes et à un filament non recuit. La figure 2 indique les résistances réelles en ohms ; sur la figure 3 elles sont portées en centièmes de leur valeur à froid.

Ces filaments étaient chauffés au four dans un tube en charbon, protégé lui-même par un revêtement de charbon en poudre, et renfermés dans une boite cylindrique également en charbon, insérée dans le tube dont une extrémité ouverte permettait l'observation intérieure. A cet effet, dans la ligne de vision était montée une lampe à incandescence ordinaire de 50 volts dont on réglait la

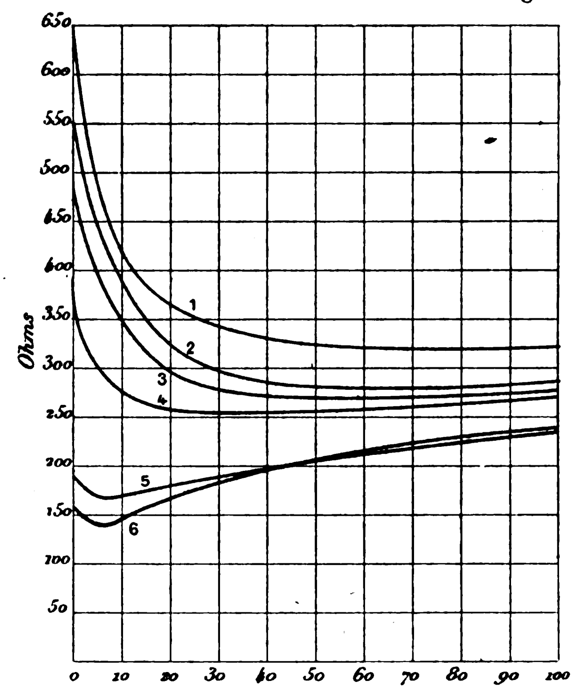


Fig. 2. — Variation de résistance de divers filaments avec la température.

1, filament de base. — 2, filament calciné. — 3, gaine de filament nourri. — 4, gaine de filament nourri et calciné. — 5, filament nourri. — 6, filament nourri et calciné.

température jusqu'à ce que son filament devînt invisible par rapport à la boite cylindrique incandescente. On

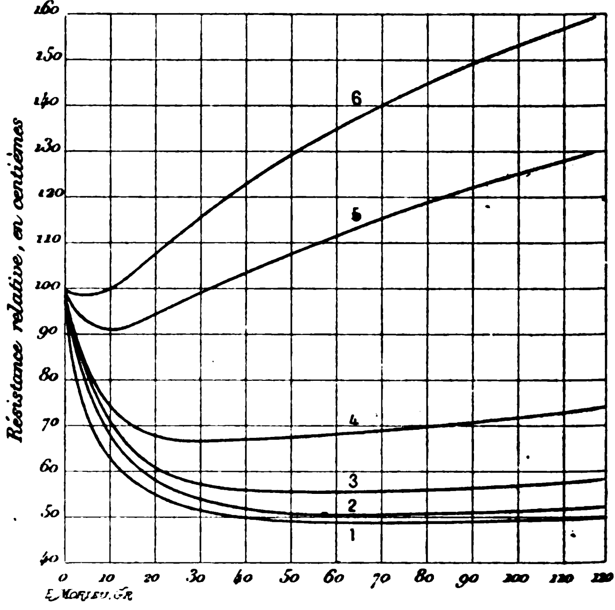


Fig. 3. — Variation de résistance de divers filaments avec la température.

1, filament de base. — 2, filament calciné. — 3, gaine de filament nourri. — 4, gaine de filament nourri et calciné. — 5, filament nourri. — 6, filament nourri et calciné.

observait alors la tension aux bornes de la lampe et on retirait la boite à filaments.

Dans ces figures, — la courbe n° 1 est celle de la résistance d'un filament régulièrement nourri ; — la courbe n° 2, celle d'un filament semblable porté dans le tube à une température correspondant à celle d'un filament de charbon fonctionnant sous 153 pour 100 de sa tension normale, c'est-à-dire donnant 125 bougies, pour une lampe de 16 bougies ; — le n° 3, celle d'un filament recuit à une température correspondant à celle d'une lampe sous 161 pour 100 de sa tension normale (165 bougies, au lieu de 16) ; — le n° 4 répond, dans les mêmes conditions, à 183 pour 100 de sa tension normale (230 bougies, au lieu de 16) ; — le n° 5, à 200 pour 100 de cette même tension (280 bougies, toujours au lieu de 16). — La courbe n° 6 est celle d'un filament porté à une température plus élevée que la précédente, sans qu'on l'ait mesurée par la même méthode, de crainte de rupture de la lampe de comparaison.

On voit sur la figure 4 la courbe de résistance d'un fin

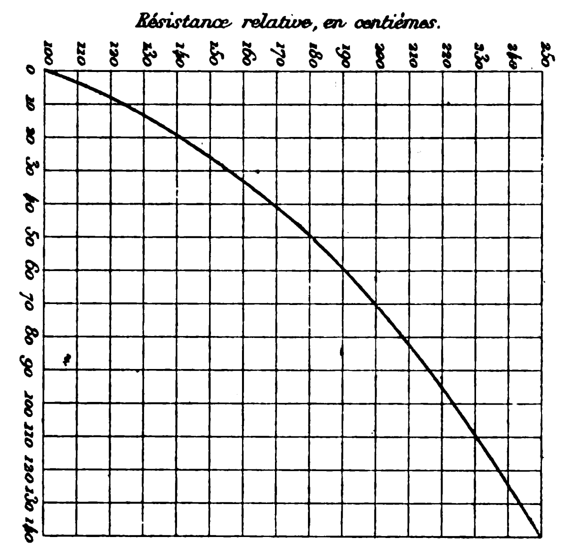


Fig. 4. — Variation de résistance d'un filament de base fortement nourri.

filament de base solidement nourri ; cette résistance s'élève à 250 pour 100 de celle qu'il présente à froid.

Le changement de la courbe de résistance de la gaine, qui, de négative, devient positive, semble due, au moins en partie, à l'action, sur cette gaine, d'une matière quelconque que dégagerait le filament de base sous l'action de la haute température. On est conduit à cette interprétation par la modification considérable de la courbe fournie par un filament calciné nourri quand on porte le filament de base à la même température élevée avant nourrissage et qu'on le calcine de nouveau.

La figure 5 donne les courbes de résistance de filaments calcinés à la même température après nourrissage, mais pour des filaments de base calcinés à des températures différentes avant le nourrissage. La courbe A se rapporte à un filament de base non calciné ; celles B, C, D, E, à des filaments de base calcinés à des températures de plus en plus élevées.

On remarquera que les courbes afférentes à des filaments dont les bases ont été chauffées à hautes températures avant nourrissage sont beaucoup plus positives que les autres. L'attribution des résultats constatés à l'action d'une substance issue de la base semble corroborée par

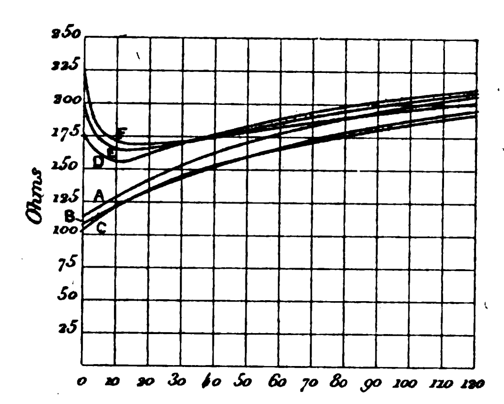


Fig. 5. — Résistance de charbons recuits à la même température après nourrissage, mais dont le filament de base a été, avant nourrissage, calciné à différentes températures.

le fait que, pendant son élévation progressive à haute température, la base perd pratiquement toutes ses cendres minérales constitutives, et aussi par cet autre fait que, en mettant au four avec les filaments nourris les éléments de ces cendres, on obtient des effets analogues à ceux observés quand le filament de base n'a pas été antérieurement nourri. L'influence d'un agent quelconque autre que la chaleur résulte également de ce que le filament de la lampe étalon, tout en étant maintenu à la même température que les filaments soumis au four et pendant un temps suffisant, n'a présenté aucun indice de modification analogue aux précédents.

L'aspect d'un filament calciné avant et après nourrissage est totalement différent de celui d'un filament calciné après nourrissage seulement. Examiné au microscope, le premier est légèrement rugueux et d'un gris-sombre. Le filament nourri calciné une seule fois présente généralement des boursouflures dont un grand nombre s'étendent sur une longueur supérieure au diamètre du filament ; elles indiquent une évacuation de gaz du filament de base alors que la gaine était encore à l'état mou. La surface de ce filament est très brillante.

La résistivité (mesurée) de la gaine fortement chauffée a été trouvée de 60 microhms-cm, valeur extrêmement basse et bien inférieure à celle de toute autre espèce de carbone ou de graphite. Son poids spécifique est, de son côté, beaucoup plus élevé après qu'avant cette recuisson. Le changement de nature du charbon résulte encore de sa ténacité et de sa souplesse. La gaine d'un filament ayant subi deux calcinations peut être sectionnée en petits fragments tubulaires qui, après avoir été aplatis par pression, reprennent, une fois soustraits à cette pression, leur forme primitive, tandis que la même gaine, avant calcination, est, au contraire, fragile et se brise sous le moindre effort. La courbe positive de résistance de ces filaments, ainsi que leurs propriétés physiques, permettent de leur donner le nom de « filaments métallisés ».

La gaine de nourrissage des filaments, même avant calcination, est du graphite, comme l'a démontré Berthelot, en obtenant de l'acide graphitique (matière jaune insoluble) par le traitement de cette gaine à l'aide d'un mélange d'acide nitrique anhydre et de chlorate de potassium, alors que ces réactifs dissolvent le carbone ordinaire. La gaine du filament nourri donne également, au toucher, la sensation grasse du graphite et laisse sur le papier blanc la trace caractéristique de ce corps. Après avoir été portée aux températures élevées du four électrique, elle conserve ses caractères et est beaucoup plus sensible à l'action chimique.

Les filaments métallisés noircissent bien moins les ampoules de lampes à incandescence que les filaments ordinaires, ce que l'on peut attribuer à ce qu'ils sont pratiquement débarrassés de toute cendre minérale et autres impuretés, ou bien au changement de nature du charbon lui-même.

On a trouvé, pour la base d'un filament métallisé dépouillé de sa gaine de nourrissage et monté dans une lampe, la courbe de résistance d'une base calcinée. On a reconnu, pour des tronçons de gaine, de 4 cm de long environ, montés dans des lampes, la courbe de résistance nettement positive qui caractérise le filament métallisé. On déduit de ces observations que, pratiquement, la modification réside tout entière dans la gaine nourrie et non dans la base. Les filaments métallisés sont d'ailleurs beaucoup plus stables, aux températures élevées, que les filaments de charbon ordinaires.

Le meilleur rendement actuel d'une lampe à incandescence à filament de charbon ordinaire correspond à une consommation de 3,1 watts par bougie avec une vie utile (jusqu'à 80 pour 100 de son intensité lumineuse normale) de 500 heures environ, dans des conditions exactes d'épreuve. On produirait aujourd'hui de façon bien régulière des filaments métallisés assurant à la lampe la même durée avec une consommation de 2,5 watts seulement par bougie. Inutile d'insister sur le grand intérêt que présenterait la confirmation industrielle de ce résultat.

E. B.

PRIX DE REVIENT ET FACTEUR D'UTILISATION

DANS LES USINES ÉLECTRIQUES

On sait le rôle important que joue le facteur d'utilisation dans les usines génératrices d'énergie électrique; l'étude en a souvent été faite par les directeurs d'usines, et une importante contribution à cette étude vient d'être fournie par le Président de la Swansea Electric Lighting and Tramways C°, M. Alexandre Sinclair, au cours de la Convention Universelle de l'Association électrique municipale à Édinburgh. En étudiant les prix de revient correspondant à différents facteurs d'utilisation pour des usines types, l'auteur arrive aux chiffres comparatifs suivants :

I. *Prix de revient, en centimes par kw-h*, sans frais généraux, impôts, ni assurances :

Facteur d'utilisation,	10 pour 100	13,25
—	20 —	7,95
—	40 —	5,60
—	60 —	4,65

II. *Prix de revient, en centimes par kw-h*, comprenant frais généraux, location de terrain et locaux, impôts, assurances, etc. :

Facteur d'utilisation,	10 pour 100	18,70
—	20 —	11,80
—	40 —	8,30
—	60 —	6,50

III. *Prix de revient, en centimes par kw-h*, comprenant, en plus des dépenses de production et des frais généraux, l'intérêt et l'amortissement des capitaux engagés.

Facteur d'utilisation,	10 pour 100	33,95
—	20 —	20,40
—	40 —	12,38
—	60 —	9,37

Bien entendu, les charges financières correspondant aux intérêts et amortissements peuvent varier. Dans le tableau qui précède, les capitaux engagés ont été évalués à 3000 fr par kw de puissance maxima demandée; l'intérêt et amortissement a été évalué à 5,25 pour 100.

L'auteur établit les courbes qui correspondraient à des valeurs différentes du capital et de l'intérêt, par exemple aux valeurs 2000 fr, 2500 fr, 3500 fr, et les prix de revient définitifs sont, en centimes par kw-h, pour ces différentes valeurs du capital correspondant au kw utilisé, représentés par les chiffres du tableau suivant :

	10 pour 100.	20 pour 100.	40 pour 100.	60 pour 100.
2000 fr . . .	30,20	17,52	11,16	8,39
2500 — . . .	33,08	18,96	11,87	8,87
3000 — . . .	33,95	20,40	12,38	9,37
3500 — . . .	38,83	21,84	13,30	9,95

Quant aux variations du facteur d'utilisation avec la nature des charges, elles ont été étudiées pour des usines d'une puissance de 1500 à 2000 kw, alimentant des villes d'une population de 100 000 à 150 000 habitants.

Dans l'*éclairage privé*, la charge moyenne de nuit d'une telle usine était de 50 kw jusqu'à 4h 30m du matin. La puissance maxima s'élevait à ce moment à 700 kw, et la puissance demandée retombait vers 6h 30m à 200 kw pour diminuer ensuite progressivement. Cette courbe type représente assez bien les moyennes obtenues en automne, qui sont un peu dépassées en hiver.

L'usine considérée fournissait 613 000 kw-h par an, et le facteur d'utilisation s'élevait à 10 pour 100.

En ajoutant des abonnés à l'éclairage on ne diminue pas beaucoup le facteur d'utilisation, mais on arrive toujours à réduire un peu les écarts entre les points maxima et minima du diagramme.

Pour l'éclairage public, on arrive, avec un maximum de 50 kw et une fourniture d'énergie de 219 000 kw-h par an, à un facteur d'utilisation de 50 pour 100.

Dans le service d'alimentation des moteurs, qui dure de 5h du matin à 7h du soir, on arrive, avec un maximum de puissance de 125 kw et une fourniture annuelle d'énergie de 459 000 kw-h, à un facteur d'utilisation de 42 pour 100.

Dans un service de traction, qui dure de 5h du matin à 1h de la nuit, on arrive, avec une puissance maxima de 225 kw, et une fourniture annuelle d'énergie de 916 570 kw-h, à un facteur d'utilisation de 47 pour 100.

Le facteur d'utilisation de ce dernier service peut améliorer grandement celui des services d'éclairage, ainsi qu'on s'en rend compte en superposant tous les services précités et en les supposant réalisés par une seule usine. On arrive à une fourniture annuelle d'énergie de 2207 570 kw-h, avec une puissance maxima de 1100 kw et un facteur d'utilisation de 23,14 pour 100.

Des raisons techniques font cependant que cette réalisation de services si différents par les mêmes machines présente en général des inconvénients qui rendent la solution peu recommandable.

Le mémoire d'où sont extraits ces chiffres en contient d'autres d'un grand intérêt, sur lesquels il nous est malheureusement impossible de nous étendre davantage.

A. B.

LA TURBINE A VAPEUR
COMME MACHINE DE SECOURS

Un mémoire lu en juin à l'*American Society of Mechanical Engineers* par M. A. S. Mann apporte une considération nouvelle à la comparaison faite entre les turbines à vapeur et les machines à mouvement alternatif. On a heureusement envisagé les deux sortes de moteurs au point de vue particulier où ils se placent, qui est le suivant :

Réaliser une usine de secours à vapeur pouvant être en service le plus rapidement possible en cas de nécessité. La nécessité peut résulter d'un accident imprévu. Le personnel peut avoir à mettre en marche chaudières et machines à vapeur, cas particulier qui enlèverait de son intérêt à la comparaison présentée par M. Mann. La nécessité peut être au contraire prévue et résulter de la nature du service et de l'insuffisance des moyens d'y faire face (cas, par exemple, d'une surcharge supérieure à la puissance normale de l'usine, cas des basses eaux d'une usine hydraulique, etc.).

On suppose chauffées dans ce cas un nombre suffisant de chaudières, capable de répondre indéfiniment aux demandes de vapeur des turbines ou machines à mouvement alternatif.

La mise en marche des machines à mouvement alternatif dans ces conditions est, en général, considérée comme rapide si elle se fait en 10 ou 15 minutes. L'auteur démontre qu'on peut réaliser beaucoup mieux avec les turbines, et il indique, avec la précision d'une manœuvre militaire, toute une série de mouvements à faire, la distribution du travail et le temps nécessité par les manœuvres.

Il est intéressant de citer presque textuellement cet exposé pratique, et évidemment inspiré de l'expérience même de l'auteur. Au signal donné par un sifflet, on active le feu et le tirage forcé des chaudières. L'homme chargé des convoyeurs de charbon et des cendres met en marche la pompe qui doit maintenir sous pression le pivot de la turbine, un des mécaniciens du turbo-alternateur met en marche l'excitatrice qui a pour objet de fournir, en plus du courant d'excitation, le courant nécessaire aux machines auxiliaires.

Un autre des mécaniciens du groupe électrogène met en marche la pompe de circulation et, immédiatement après la turbine; l'aide chargé du graissage met simultanément en marche les pompes à air et la pompe à air du condenseur.

On voit que chaque homme a sa mission déterminée et que cette distribution de travail permet de mettre la première turbine en marche quelques secondes après la première pompe. On ouvre la vanne d'admission de la turbine aussi vite que le permet la sécurité des canalisations de vapeur, et là on se laisse guider par le sentiment et par l'expérience, plutôt que par l'entraînement à faire la manœuvre aussi vite que le permettrait la force d'un homme.

L'électricien surveille du tableau les appareils de manœuvre et de téléphonie, et aussitôt que la machine approche du synchronisme, il met en jeu les accessoires de synchronisation, et se tient prêt à fermer les interrupteurs principaux. Toutes ces manœuvres peuvent être accomplies en 1 m 30 s.

Sans doute la synchronisation exige la réalisation précise d'une vitesse donnée et la mise en phase de la machine au moins à 15/100 de seconde près. La hâte excessive constituerait donc un mauvais calcul pour cette partie du travail, et l'auteur estime qu'on peut y mettre 1 m en moyenne, ce qui, ajouté au temps précédemment cité, fait 2 m 30 s pour amener la turbine du repos à la pleine charge.

L'auteur conclut en citant des mises en marche faites en pratique courante, et qui corroborent assez bien les évaluations ci-dessus :

Sur 43 mises en marche successives extraites des rapports de l'usine :

10 mises en marche ont duré	....	2 m 30 s
18	—	3 m
15	—	3 m 30 s

Dans certains cas, les rapports d'usines relèvent le temps

pris pour la mise en marche et en phase de la turbine, à partir du moment où fonctionnent tous les auxiliaires, ce qui prend un temps sensiblement moindre puisque les seules vannes à ouvrir sont la vanne principale d'admission de vapeur et la soupape de graissage. Dans ce cas les durées de manœuvre s'échelonnent entre 1 m 10 s et 1 m 30 s, mais quelques mises en marche plus rapides, favorisées sans doute par une bonne synchronisation, ont duré de 45 à 70 s.

Pour donner une idée de la rapidité avec laquelle la turbine se met en marche, l'auteur signale qu'il s'écoule seulement 30 s après l'ouverture de la vanne de vapeur avant que la turbine atteigne sa pleine vitesse, chiffre qui indique en somme une faible inertie relative de la turbine. Une machine à vapeur à courant alternatif mettrait 2 m 30 s dans les mêmes conditions après réchauffement préalable, de telle sorte que cette phase particulière de l'opération différencie spécialement la turbine du moteur à vapeur à courant alternatif. Elle dure pour ce dernier 2 m 30 s et pour le premier 70 s seulement. Si on n'a pas préalablement réchauffé la machine, la mise en marche des auxiliaires et du moteur alternatif dure plus de 12 à 15 m; dans la mise en marche d'une turbine à partir du froid on ouvre la vanne de vapeur, qu'on laisse tourner 2 m et la turbine est en vitessse au bout de 2 m 30 s.

Toutes ces comparaisons sont faites pour des unités de 1700 kw environ. A. B.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

La British Association dans l'Afrique du Sud. — L'assemblée générale de cette Société se tenait cette année le 15 août à Cape-Town. La première partie du discours présidentiel du professeur Darwin a été lue à Cape-Town, et la deuxième partie à Johannesburg le 28 août. Au point de vue électrique, la réunion ne sera pas d'un très grand intérêt. Les communications principales annonçées sur ce sujet sont :

« La radiation aux basses températures », par le Dr Bottomley.

« La déperdition de l'électricité par certaines substances échauffées », par M. le professeur Beattie.

« Les observations sur l'électricité atmosphérique au sud de l'Afrique », par M. le professeur Beattie et M. Lyle.

« Les câbles élévateurs dans les mines », par M. le professeur Perry.

« Observations magnétiques dans le sud de l'Afrique » et « Conductivité électrique en fonction de l'action chimique », par M. le professeur Beattie.

« Une forme d'élément sec de Daniell », par M. Brown.

« Les bases expérimentales de la théorie de la conduction de la chaleur », par M. le Dr Lees.

La section des ingénieurs a comme président sir Colin Scott Moncrieft, dont le discours traitait de l'irrigation.

Le ballon dirigeable Barton-Rawsow. — La première ascension publique de ce ballon a eu lieu le 21 juillet à l'Alexandra Palace. Ce dirigeable consiste en un ballon d'une longueur de 55 m et de 12 m de diamètre, auquel est suspendue une nacelle en bambou, d'une longueur de 40 m, comportant un pont de largeur variable qui s'étend sur la plus grande portion de sa longueur. A chaque bout du pont sont disposés deux moteurs Buchet à quatre cylindres à essence de pétrole de 40 poncelets. Ils commandent chacun par courroies deux propulseurs de 2 m de diamètre, disposés de chaque côté du ballon, tournant à une vitesse de 1000 tours par minute.

On a installé un gouvernail convenable et des ailes mobiles pour diriger le système. On dit que le poids total est de 6500 kg.

Après une ascension d'une heure, le ballon est descendu près de Romford, en Essex, mais pendant l'atterrissage, beaucoup de dégâts se sont produits.

Les tramways électriques et les omnibus automobiles. — A la conférence municipale des tramways qui a récemment eu lieu, M. Luntley, de la *Wolverhampton Corporation Tramways*, a fait une étude sur cette question. Il l'envisage à deux points de vue, savoir les frais d'entretien et la qualité du service. Il n'était pas facile d'obtenir des statistiques sur les omnibus à moteurs, car les résultats étaient encore bien peu nombreux. Mais d'après l'opinion d'un expert, il a estimé les frais d'exploitation, y compris la dépréciation à 20 pour 100, soit à 70 centimes par km et même plus. Si on prend l'exploitation du tramways électrique à 62 centimes par km, on voit une différence importante en faveur de celle-ci.

Quant à l'entretien, la réparation ou le renouvellement des bandages, qui est très coûteux dans les omnibus à moteurs, il remarque que les fabricants ont fait quelque chose pour en diminuer le coût en garantissant la durée d'un bandage, mais il montre aussi que cet arrangement ne peut durer longtemps. Puis, en parlant du pétrole, il montre qu'avec les quantités énormes qu'on consomme actuellement, il peut bien arriver que le prix en soit bientôt élevé. D'autre part, M. Luntley a remarqué que la somme qu'on met de côté pour la dépréciation est comptée à 20 pour 100, aussi il pense que cela sera peut-être insuffisant, car les omnibus ne sont pas si solidement construits que les tramways. Quant à la contenance, il dit que la voiture à bogie peut recevoir deux fois autant de personnes que l'omnibus automobile, de sorte que celui-ci ne peut rapporter autant d'argent, on en déduit qu'il serait nécessaire d'augmenter le nombre des omnibus pour suffire au trafic. Il pense aussi que le mécanisme compliqué de l'omnibus automobile le rend plus sujet à des pannes. Quant à la vitesse, il pense que quoique l'omnibus automobile puisse mieux circuler dans les rues étroites, le tramway aura un meilleur résultat moyen. Il pense

aussi que dans les quartiers où le trafic est très grand et qui sont très peuplés, le tramway électrique aura bien plus d'avantage que l'omnibus automobile.

Une puissante locomotive à courant alternatif simple pour le service des trains lourds sur les chemins de fer. — Récemment à une exposition qu'ont visitée les délégués de l'*International Railway Congress*, la *Westinghouse Electric and Manufacturing C°* a fait fonctionner une locomotive destinée à convaincre les directeurs des chemins de fer, de la possibilité et des avantages de l'emploi du courant alternatif simple pour la traction électrique des trains lourds. Cette locomotive était en circulation, d'abord faisant des trains légers, puis traînant un train de cinquante wagons représentant approximativement 1200 tonnes. C'est la plus grande locomotive à courant alternatif du monde entier et aussi la plus puissante qui soit exploitée par le courant alternatif simple. Elle est munie de dix des plus grands moteurs à courant alternatif simple, qui aient jamais été construits. Elle est aussi la plus grande, qui ait jamais été alimentée par des trolleys aériens, et la première sur laquelle on a employé la ventilation forcée des moteurs.

Le poids de cette locomotive est de 135 tonnes. Elle est construite en deux moitiés, dont chacune a un truc monté sur six roues. Ces deux moitiés sont accouplées ensemble et normalement, on estime qu'elles doivent fonctionner comme une seule unité, mais chaque moitié peut être actionnée séparément si on le désire.

La locomotive a environ 14 m de longueur et 3 m de largeur. La hauteur totale au-dessus du rail avec les trolleys baissés est de 5,2 m. Les roues ont un diamètre de 1,6 m. Chaque essieu porte un moteur de 225 chevaux en série, du type à réduction simple, faisant ainsi un total de six moteurs pour la locomotive. Sur un côté, chaque moteur est supporté directement par l'essieu, et de l'autre il est suspendu par des ressorts spiraux au corps de la locomotive.

La locomotive est prévue pour un courant de 25 périodes par seconde et une tension au trolley de 6600 volts. Il était intéressant de voir une si grande locomotive remorquer un train de 1200 tonnes, de près de 550 m de longueur, recevant toute son énergie d'un seul fil de trolley.

Le courant à 6600 volts est recueilli sur le fil de trolley au moyen d'un trolley pantographe manœuvré pneumatiquement de chaque extrémité de la locomotive. Le courant passe par un interrupteur à huile et se rend à un autotransformateur, il y en a un dans chaque cabine. Ces transformateurs réduisent la tension à 325 volts pour l'emploi aux moteurs. On peut augmenter ou diminuer la tension dans chaque cabine en manœuvrant un robinet à air convenable qui commande un commutateur par l'intermédiaire d'un servo-moteur. Les trois moteurs de chacune des moitiés de la locomotive sont reliés en permanence en parallèle, et ils sont commandés au moyen d'un régulateur d'induction lequel, suivant la volonté de l'opérateur fait varier la tension aux bornes des moteurs de 140 à 325 volts. Les régulateurs d'induction sont actionnés par de petits moteurs en série du même type que les moteurs principaux.

Tous les régulateurs sont établis sur le système à unités multiples. On peut les arrêter à un point quelconque de leur course, ce qui permet de faire marcher la locomotive à n'importe quelle vitesse avec la même facilité et la même économie qu'une locomotive à vapeur.

Cette locomotive est prévue pour le service du transport des marchandises à petite vitesse. Avec les moteurs fonctionnant à pleine charge, la locomotive pourra développer sur le crochet d'attelage un effort de 22 650 kg à une vitesse de 16 km par heure. Avec une charge plus faible, la locomotive pourra marcher jusqu'à 48 km par heure.

C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 31 juillet 1905.

Passage de l'électricité à travers les couches gazeuses de grande épaisseur. — Note de M. E. Bouty. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Le détecteur électrolytique à pointe métallique. — Note de M. G. Ferrié, présentée par M. Mascart. — Au cours d'une étude d'ensemble des propriétés des cohéreurs de toute espèce, j'ai indiqué que l'on pouvait constituer un détecteur d'ondes hertziennes par le contact imparfait d'une pointe métallique et d'un électrolyte [1]. Une étude plus détaillée de ce détecteur m'a permis d'observer les propriétés suivantes :

L'appareil est constitué par une pointe de platine, d'un diamètre égal à $\frac{1}{100}$ de millimètre environ, qui pénètre dans un électrolyte (acide azotique ou sulfurique, par exemple) d'une longueur de même ordre de grandeur que le diamètre. L'électrolyte est en communication, par l'intermédiaire d'une large électrode, avec le fil entrant d'un téléphone dont le fil sortant est relié à la pointe de platine. D'autre part, l'électrolyte et la pointe de platine sont reliés au circuit dans lequel sont produites des oscillations de faible énergie, par exemple celles qui sont recueillies par une antenne réceptrice de télégraphie sans fil située à une distance assez faible de l'antenne qui transmet les signaux.

On constate, dans de semblables conditions, que chaque train d'ondes produit un son dans le téléphone et que les signaux transmis peuvent être lus *au son*. Il convient d'ob-

---

[1] *Congrès international d'électricité de* 1900. *Comptes rendus*, volume annexe, p. 289, § IV, Gauthier-Villars, éditeur. Depuis cette époque, des applications pratiques ont été aussi réalisées, au moyen de ce détecteur, par divers expérimentateurs étrangers MM. Schlömilch, de Forest, etc.

server que l'on ne perçoit aucun son lorsque le détecteur est mis hors circuit ou bien est remplacé par un condensateur de capacité quelconque. Si le téléphone est remplacé par un galvanomètre balistique, l'énergie des oscillations étant suffisamment augmentée, il se produit, à chaque train d'ondes, une déviation de l'instrument, toujours dans le même sens, correspondant à un même courant partant de la pointe de platine.

Le détecteur fonctionne dans ce cas comme soupape ; les alternances négatives passent librement, tandis que les alternances positives sont arrêtées par le détecteur mais s'écoulent à travers le circuit du téléphone ou du balistique ; elles agissent sur ces appareils, puisqu'elles sont toujours de même sens. Le condensateur électrolytique formé par la pointe de platine et le liquide se charge, et a pour effet de régulariser, en quelque sorte, cet écoulement.

L'appareil totalise donc d'une certaine manière l'intensité des oscillations positives de chaque train d'ondes.

On remarque, d'autre part, qu'il s'écoule un temps appréciable entre le moment où l'on soumet l'appareil à l'action des oscillations et celui où l'on perçoit un son dans le téléphone. Ce temps paraît être celui qui est nécessaire à la polarisation du contact imparfait.

Le dispositif qui vient d'être décrit est assez peu sensible, bien qu'il permette, par exemple, de lire des signaux à une distance de 20 km. On augmente considérablement sa sensibilité en intercalant sur le circuit du téléphone une force électromotrice, de manière que le pôle positif soit relié à la pointe de platine. La sensibilité augmente avec la force électromotrice pourvu que celle-ci soit inférieure à une certaine limite, qui est la valeur de la tension produisant l'électrolyse du liquide. On se place aisément dans les conditions voulues en employant un potentiomètre. Lorsque la tension limite est dépassée, on entend dans le téléphone un bruissement continu qui masque les signaux.

Si le téléphone est remplacé par un balistique, l'énergie des oscillations étant suffisamment augmentée, on observe que chaque train d'ondes est traduit par une déviation de l'instrument de sens contraire à celle qui se produisait dans le cas où il n'y avait pas de force électromotrice en circuit.

Le phénomène est donc nettement différent. Il semble pouvoir être expliqué dans ce cas de la manière suivante, l'effet de soupape devenant négligeable : au repos, la force électromotrice mise en circuit a pour effet de créer une force contre-électromotrice de polarisation, et l'instrument n'est traversé que par le courant de dépolarisation spontanée. Le contact de la pointe de platine et du liquide constitue donc un condensateur électrolytique chargé à la tension de la force électromotrice mise en circuit, le diélectrique étant formé par une mince pellicule gazeuse. Les oscillations ont pour effet de décharger ce condensateur, en créant une conductibilité passagère du diélectrique analogue à celle qui est produite dans le fonctionnement des cohéreurs auto-décohérents. Dès que les oscillations ont cessé, la conductibilité cesse également et le condensateur se recharge : c'est le courant de charge, qui se produit à ce moment, que l'on perçoit dans le téléphone ou le balistique. Il est plus ou moins intense suivant que la décharge a été plus ou moins complète.

Sur le phénomène de Majorana. — Note de MM. A. Cotton et H. Mouton, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Sur un mégaphone. — Note de MM. G. Laudet et L. Gaumont, présentée par M. J. Violle. — MM. Laudet et Gaumont viennent de présenter à l'Académie un appareil amplificateur du son, dont le principe imaginé par l'un d'eux il y a déjà plusieurs années, et breveté le 6 décembre 1902, a été énoncé depuis et appliqué par M. Porter[1] d'une manière peu différente.

Ce principe consiste à transmettre les vibrations, dont il s'agit d'amplifier l'intensité acoustique, à une flamme convenablement agencée.

Les premiers essais portèrent sur la voix humaine qui acquérait ainsi une intensité remarquable. Mais, pour mettre hors de conteste l'action amplificatrice de la flamme, les auteurs ont préféré l'appliquer à une source d'intensité mécaniquement déterminée, ainsi que l'a fait d'ailleurs M. Porter.

Le *mégaphone* se compose :

1° D'un distributeur équilibré destiné à régler les quantités de mélange à brûler ;

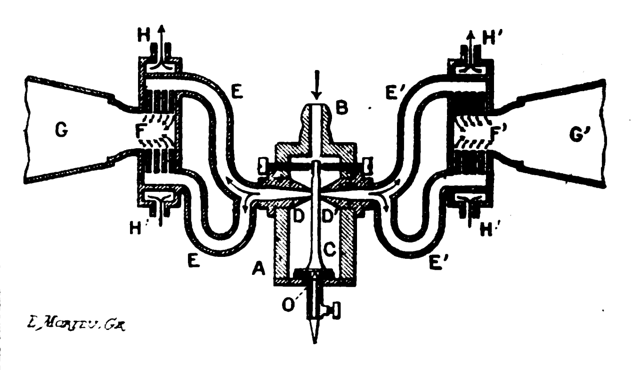
2° D'un système de brûleur permettant d'allumer les gaz dans une chambre de combustion.

L'appareil présenté aujourd'hui est disposé pour permettre l'amplification des sons de toute nature, enregistrés sur les phonogrammes plats ou disques ordinaires du commerce.

Les gaz employés dans ce type d'appareil sont : l'air et l'acétylène.

L'appareil distributeur se compose d'une chambre A, dans laquelle on introduit par un conduit B le mélange combustible sous pression.

Une palette C articulée sur couteaux, au point O, est montée



sur le fond de la chambre A. L'étanchéité est assurée au point O par une rondelle élastique.

Tout mouvement communiqué au style se trouve donc transmis à la palette C, à l'intérieur du distributeur.

De chaque côté de la pièce C, des orifices DD' laissent écouler les mélanges gazeux en quantités respectivement égales, tant que la pièce C est immobile.

[1] T.-C. Porter, *Philosophical Magazine*, t. VII, mars 1904, p. 285. Mémoire lu le 11 décembre 1905.

Chaque déplacement de cette pièce augmente la quantité de gaz qui s'écoule d'un côté, en diminuant celle qui s'écoule de l'autre, de sorte que la quantité totale du mélange utilisé à chaque instant est constante, la pression à l'intérieur de la chambre est toujours la même et l'appareil parfaitement équilibré.

Les gaz sont recueillis et conduits aux brûleurs par une série de conduits EEE'E'.

Les brûleurs sont constitués par une série de lamelles refroidies par un courant d'eau HH'; les gaz sont détendus et ramenés à une température telle que la combustion a toujours lieu dans la chambre FF', destinée à cet objet et exactement au point où les gaz sortent des orifices du brûleur, ce qui est une condition essentielle de bonne marche.

Deux pavillons GG' complètent l'appareil, dont la puissance est frappante.

On peut comburer, dans les brûleurs, des gaz dont les quantités auront été réglées par tout autre procédé que par le distributeur qui vient d'être décrit; la puissance des sons obtenus est toujours fonction des quantités de mélange employées et de l'énergie développée pendant leur combustion.

Séance du 7 août 1905.

Sur la biréfringence magnétique. — Nouveaux liquides actifs. — Note de MM. A. Cotton et H. Mouton, présentée par M. J. Violle. (Voy. les *Comptes rendus*.)

BIBLIOGRAPHIE

L'Industrie de l'or, par Grandeerye. *Encyclopédie des Aide-Mémoire.* — *Gauthier-Villars* et *Masson et Cie*, éditeurs, Paris, 1905. — Format habituel : 19 × 12 cm ; 160 pages. — Prix : 2,50 fr.

Les produits précieux, métaux ou pierres, ont toujours le don d'exciter la curiosité du public. Il semble qu'un sentiment instinctif, surtout par le temps où nous vivons, le pousse à savoir où et comment s'obtiennent ces créations idéales de la nature, comme si de leur étude ou de leur contemplation, il devait lui rester quelque espoir ou moyen de satisfaire peu ou prou les convoitises qu'elles éveillent. A ce titre ce volume fascinateur de l'Encyclopédie des Aide-Mémoire se vendra certainement plus que d'autres. Tant mieux pour l'auteur, les éditeurs et le metteur en œuvre.

Pris d'ailleurs en lui-même, il décrit les procédés d'extraction de l'or employés de nos jours, depuis la battée, le sluice, jusqu'à l'amalgamation, la cyanuration et la chloruration. Ces deux derniers qui font la base de toute installation dans les pays les plus producteurs, Amérique, Afrique du Sud et Australie, sont largement étudiés dans tous leurs détails. Leur étude est précédée de celle de la production de l'or dans les différentes régions, de la description des appareils de broyage, de classement, etc., qui accompagnent tout grand moulin à or, et de la méthode qui convient le mieux au terrain à exploiter. L'analyse des minerais et l'affinage de l'or complètent le volume.

Les exploitations de ce précieux métal se faisant, en majeure partie, et pour cause, dans des pays de langue anglaise, l'auteur a eu l'heureuse idée de terminer son opuscule par un petit index des termes anglais couramment employés dans l'industrie aurifère (ou, pour mieux dire, *aurique*). C'est une utile contribution aux vocabulaires industriels que l'internationalisme de la Science fait élaborer aujourd'hui de divers côtés.

Résumé. — Livre intéressant comme tout ce qui, de près ou de loin, touche à la science et aux conditions sociales de l'existence. E. Boistel.

Le Vanadium, par Nicolardot. *Encyclopédie des Aide-Mémoire.* — *Gauthier-Villars* et *Masson et Cie*, éditeurs, Paris, 1905. — Format habituel : 19 × 12 cm; 180 pages. Prix : 2,50 fr.

Après l'or, bien connu, le vanadium, illustre inconnu jusqu'ici! Il n'y a plus de raisons pour s'arrêter en si beau chemin; et, si nous devons passer par la revue de tous les métaux, il reste encore de longs jours d'existence et d'avenir à cette riche collection qu'on prétendait à la veille de se clore, faute de nouveaux sujets à y faire figurer.

Métal essentiellement républicain, son premier certificat d'origine étant daté du 2 messidor an IV, ce corps a d'abord porté les noms de *pancrome*, puis d'*érithrone*, avant d'emprunter son appellation définitive à une déesse de la mythologie scandinave surnommée « Vanadis ». Qu'est-ce qui lui vaut d'ailleurs son rang flatteur dans la série des métaux destinés à prendre place dans cette encyclopédie? La qualité seule de l'auteur, capitaine d'artillerie, directeur du Laboratoire de chimie à la Section technique de l'artillerie, suffirait à l'indiquer; c'est de la matière à canons. Métal hier encore des plus rares et des plus inutilisés, il prend aujourd'hui un rôle important, sinon général, du fait des recherches qui en ont révélé l'existence très répandue sur notre globe et de sa précieuse incorporation dans les aciers, à côté du tungstène, du molybdène, etc.

Merci à ceux qui nous le font connaître. E. Boistel.

L'état actuel de l'électrométallurgie du fer et de l'acier, par E. Guarini. — Vve *Ch. Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 24 × 16 cm; 20 pages. Prix : 1,25 fr.

Nul n'étant prophète en son pays, M. Guarini, au nom de Guérin défrancisé, après avoir passé par l'Italie, la Suisse et la Belgique, où il a laissé des traces, nous appa-

rait aujourd'hui, à l'improviste, comme professeur à l'École des Ingénieurs et à l'École d'Arts et Métiers de Lima (Pérou) et comme correspondant du « Scientific American », d'où est extraite et traduite cette petite plaquette. Nous disons « Extraite et traduite »; elle est en effet publiée sous la même couverture en anglais et en français, ce qui lui donne une épaisseur de 40 pages, alors qu'elle n'en a réellement que 20. On suppose bien d'ailleurs que, dans ces 20 pages notablement réduites par une grande abondance de figures, il ne peut y avoir qu'une bien succincte mise au point. Il faut nous en contenter, tout en signalant cependant les notices développées dont cette publication est le prétexte pour détailler et faire pénétrer dans les pays des deux langues les nombreuses productions de l'auteur. Nous les saluons simplement comme d'anciennes connaissances déjà mentionnées ici, du moins en partie. E. Boistel.

Leçons d'Électricité industrielle (Tome II), par J. Pionchon. — *A. Grattier* et *J. Rey*, éditeurs, Grenoble. — Format : 25×16 cm; 765 pages. — Prix : 20 fr.

Nous avons, il y a un peu plus d'un an, dans notre numéro 296, du 25 avril 1904, appelé l'attention de nos lecteurs sur cette nouvelle production de M. Pionchon, dont nous avions déjà sous les yeux le premier volume et le premier fascicule du second. La publication que nous annonçons aujourd'hui n'est que le deuxième fascicule de ce second volume. Il comprend, sous forme de vingt-cinq leçons (XXXIX à LXIII), l'Alterno-Électrocinétique (10 leçons), l'Alterno-Électromagnétisme (5 leçons), l'Alterno-Électrothermie (2 leçons), l'Alterno-Électrochimie (1 leçon) et, pour terminer, l'Électro-Énergétique (9 leçons). Nous n'osons dire que ce nouveau fascicule est le plus intéressant de tous: mais, en ce qui concerne les courants alternatifs en particulier, c'est certainement un des meilleurs ouvrages que nous possédions, au point de vue tant de la netteté que de la simplicité d'exposition. On y trouve des données qui, tout en étant résumées ailleurs, interviennent trop souvent comme des notions acquises sans qu'on en puisse retrouver la filiation, et en cela, comme dans tous ses ouvrages antérieurs, M. Pionchon, depuis longtemps révélé comme un de nos meilleurs maîtres, se maintient au niveau élevé où il a su se placer dans notre enseignement électro-technique. Si, comme on le prétend, son passage de Grenoble à Dijon a été déterminé par son désir de s'affranchir d'une besogne administrative qui l'absorbait, au détriment de ses travaux scientifiques, nous ne pouvons qu'y applaudir à tous égards : d'abord parce qu'il ne pourra que transporter dans sa nouvelle Université les heureux et féconds errements propres à lui-même et à Grenoble, et ensuite parce que ses nouvelles fonctions nous permettent d'espérer de lui des travaux plus nombreux.

Dans ce second fascicule l'auteur n'a pas pu, naturellement, abandonner les caractères adoptés antérieurement par lui comme symboles ou notations; mais nous ne pouvons que désirer une fois de plus le voir y renoncer à la première occasion. Si, en effet, ces caractères gras et lourds font bien ressortir dans le texte les éléments qu'ils veulent mettre en relief, ils ont l'inconvénient primordial de prêter à certaines confusions graves auxquelles l'imprimeur n'a pas échappé, notamment entre les trois caractères ***1***, ***l*** et ***I***, et de ne pas se prêter à une harmonisation ou à une différenciation toujours souhaitable suivant les circonstances.

Le prix que nous en annonçons ci-dessus s'applique à l'ensemble des deux fascicules constituant le tome II. S'il est un peu supérieur à celui primitivement fixé, nul ne s'en plaindra, vu la valeur de l'ouvrage qui, malgré ses nombreuses incorrections typographiques, est un des rares indispensables dans toute bibliothèque d'électricien.

E. Boistel.

Vocabulaire technique, industriel et commercial en trois langues, par É. Hospitalier. — Journal *L'Industrie électrique*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 21×9 cm; 528 pages. — Prix, cartonné, 8 fr.

Les productions de M. Hospitalier, en dehors de ce journal, sont trop rares pour que nous ne les mentionnions pas, même ici (ne fût-ce que pour l'encourager) et en seconde édition. Cette seconde édition est d'ailleurs réellement « revue et considérablement augmentée », comme on peut s'en rendre compte aisément par la pagination du volume qui, pour un même nombre de mots à la page, comporte aujourd'hui 528 pages, au lieu de 316, ou 25 000 mots, au lieu de 15 000, soit exactement deux tiers en plus, comme l'annonce l'auteur,... et nous ne sommes pas au bout, étant donné l'universalité technique à laquelle il prétend. Nous ne voyons pas, quant à nous, de raison pour qu'il ne soit pas encore doublé dès la prochaine édition, du seul fait de l'entrée complète, dans les trois langues, de tous les mots nouveaux que contient cette seconde édition.

Courage donc à tous les collaborateurs de bonne volonté; la prime promise (un exemplaire de la prochaine édition pour 200 mots nouveaux signalés à l'auteur) offre encore un appât suffisant à la rémunération d'un grand nombre.

Nous n'avons pas d'ailleurs à rappeler le principal et original mérite de cette conception qui réside dans la simplicité même de son *entrée unique* pour les trois langues, allemande, anglaise et française, auxquelles s'applique ce vocabulaire. Il y a là une heureuse innovation incontestable, à laquelle il doit en grande partie un succès qui n'est pas près de finir. E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

---

350 666. — **Aubert.** — *Socle pour compteur horaire d'électricité* (10 janvier 1905).

350 698. — **Bourgeois.** — *Instrument de mesure électrique portatif* (6 janvier 1905).

350 699. — **Féry.** — *Galvanomètre thermo-électrique pour la mesure du courant alternatif* (6 janvier 1905).

350 707. — **Francis.** — *Perfectionnements aux appareils d'éclairage électrique par incandescence* (11 janvier 1905).

349 871. — **Neveux.** — *Transformateur électrique de vitesse* (21 avril 1904).

350 817. — **Ribbe.** — *Télégraphe rapide* (17 janvier 1905).

350 824. — **Compagnie des magnétos Simms Bosch.** — *Perfectionnements dans les machines magnéto-électriques* (17 janvier 1905).

350 847. — **Ribbe.** — *Dispositif pour maintenir un mouvement uniforme de deux éléments rotatifs actionnés par des sources de force différentes* (18 janvier 1905).

350 898. — **Polzeniusz.** — *Procédé de fabrication d'accumulateurs* (20 janvier 1905).

350 922. — **Serveau.** — *Perfectionnements aux machines dynamo-électriques* (21 janvier 1905).

350 929. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Perfectionnements dans les machines à courant alternatif* (21 janvier 1905).

350 958. — **Darfeuille.** — *Accumulateur au plomb* (23 janvier 1905).

350 959. — **Darfeuille.** — *Machines dynamo-électriques* (23 janvier 1905).

350 803. — **Clair.** — *Cloche de protection pour lignes électriques* (16 janvier 1905).

350 808. — *Isolateur* (17 janvier 1905).

350 876. — **Société d'appareillage électrique et industrielle.** — *Interrupteur électrique facilement démontable* (19 janvier 1905).

350 881. — **Société... Ingénieurs Scott et Schildorfer.** — *Appareil pour recouvrir les câbles, les barres et les tubes* (20 janvier 1005).

350 802. — **Société anonyme électrométallurgique.** — *Four électrique basculant à sole conductrice* (16 janvier 1905).

350 833. — **Société électrométallurgique.** — *Pince porte-électrodes* (18 janvier 1905).

350 941. — **Dolter et Mertens.** — *Appareil pour le chauffage des corps métalliques par induction* (23 janvier 1905).

350 828. — **Blondel.** — *Électrodes pour lampes à arc* (16 janvier 1905).

350 897. — **Rosemeyer.** — *Lampe à arc en vase clos* (20 janvier 1905).

349 888. — **Pansa.** — *Appareil destiné à la transmission sans fil des messages télégraphiques, téléphoniques et de l'écriture autographe* (4 novembre 1904).

349 904. — **Gouin.** — *Accumulateur électrique* (9 mai 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Compagnie du chemin de fer métropolitain. — Les actionnaires de cette Compagnie ont tenu leur Assemblée annuelle le 18 mai dernier pour prendre connaissance des rapports et des renseignements y contenus.

Ces derniers sont de deux sortes : les renseignements techniques et les renseignements financiers.

Des premiers nous pourrons noter d'abord l'achèvement par la Compagnie de la ligne n° 3, de Courcelles à Ménilmontant. Cette ligne a été ouverte en partie à l'exploitation le 19 octobre 1904, puis sur le parcours total le 25 janvier 1905.

Cette ligne, en ce qui concerne les dispositions générales des voies et des accès des stations, ne diffère pas sensiblement de celles qui ont été mises en service antérieurement. Il convient cependant de signaler les dispositions prises en vue d'assurer la protection de l'éclairage.

Celui-ci est toujours alimenté, comme sur les lignes équipées antérieurement, par deux canalisations indépendantes du circuit de traction et distinctes pour les deux côtés de la ligne; mais, sur la ligne n° 3, une des canalisations est mise à l'abri des accidents de la manière suivante : les *feeders* principaux sont noyés dans le ballast, et les circuits de dérivation sont placés sous tubes métalliques encastrés dans la maçonnerie du tunnel. Sur ce circuit spécialement protégé sont branchées les lampes de l'un des côtés du tunnel, les inscriptions lumineuses qui signalent les sorties, et enfin la moitié des lampes des couloirs et escaliers d'accès.

On a pratiqué des cheminées d'aération en deux points bas de la ligne Vincennes-Maillot, l'une à l'angle du boulevard Diderot et de la rue Crozatier, l'autre dans le square de la Tour Saint-Jacques.

Sur la ligne n° 3, les six principales stations : Saint-Lazare, Opéra, Bourse, Sentier, Saint-Denis, Père-Lachaise, ont été munies de débouchés aux deux extrémités de chaque quai, de manière à faire face aux nécessités imprévues d'évacuation rapide et, pour certaines d'entre elles, à séparer, aux moments d'affluence, les entrées et les sorties. De plus, à la station de Saint-Lazare, un couloir de communication directe a été établi pour faciliter les échanges de voyageurs entre le réseau de l'ouest et le réseau métropolitain.

En ce qui concerne la production de l'énergie électrique les travaux y relatifs ont compris, en 1904, la mise en service du septième groupe électrogène de l'usine de Bercy et l'achèvement des sous-stations Père-Lachaise et Opéra.

L'usine de Bercy fonctionne actuellement avec sept groupes électrogènes, d'une puissance totale de 12 300 kw et quatre groupes de transformation de 1000 kw chacun ; un huitième groupe électrogène de 2100 kw, y sera monté cette année.

La sous-station de l'Opéra comprend quatre groupes de transformation de 1000 kw chacun et une puissante batterie d'accumulateurs avec survolteur, pouvant servir de réservoir et de tampon.

La sous-station Père-Lachaise complétée comprend cinq groupes de transformation de 1000 kw chacun et une batterie d'accumulateurs semblable à celle de la sous-station de l'Opéra.

Pour la distribution de l'énergie, on a posé les canalisations nécessaires pour amener le courant triphasé produit par l'usine de Bercy aux sous-stations alimentant la ligne n° 3.

Ces canalisations comprennent : quatre câbles allant de l'usine de Bercy à l'Opéra et deux câbles allant de l'usine de Bercy à la sous-station Père-Lachaise.

Pendant l'année 1904, les ateliers de Charonne ont été agrandis et les ateliers de Saint-Fargeau ont été achevés et mis en service. A Charonne on a développé les installations affectées à la visite et au petit entretien du matériel roulant.

A cet effet, la Compagnie s'est rendu acquéreur de tous les terrains qui séparaient ses premières installations du chemin de fer de Ceinture et y a construit des hangars abritant des voies sur fosses. La surface couverte a ainsi été portée de 6887 m² à 9087 m².

A Saint-Fargeau, les ateliers situés près du terminus de Ménilmontant de la ligne n° 5 et reliés à cette ligne par un embranchement occupent une superficie totale de 13 200 m². Ils comprennent :

Atelier de petit entretien	3295 m².
— de réparations et de montage	4879
— de menuiserie	725
Magasin à métaux et bureaux	298
— à bois	198
Bâtiments de service	517
Total de la surface couverte	9912 m².

Le matériel roulant comprenait au 31 décembre 1904 un total de 618 voitures se composant comme suit :

Automotrices à essieux parallèles	126	249
— à boggies	123	
Remorques 2e classe à essieux parallèles	222	241
— à boggies	19	
Remorques 1re classe à essieux parallèles	109	128
— à boggies	19	
Total		618

Des perfectionnements jugés utiles ont été apportés au matériel roulant, ayant pour but de supprimer les causes d'incendie et de rendre les courts-circuits inoffensifs. C'est ainsi que l'on a réalisé l'isolement complet de tous les appareils électriques des trains dans une cabine incombustible. On a également adopté le système de traction à unités multiples dans le but de réduire à une intensité inoffensive les courants qui circulent dans les canalisations traversant les trains.

Du côté financier les résultats ont été satisfaisants.

On sait que la longueur du réseau exploité était de 24,818 km jusqu'au 18 octobre 1904 et qu'à cette date elle a été portée à 30,851 km.

La moyenne proportionnelle pour l'année entière s'établit ainsi par 26,037 km.

Pour l'année 1904 les recettes totales d'exploitation, y compris les produits divers, ayant été de 20 662 297,83 fr et les dépenses de 8 779 645,27 fr, le rapport des dépenses aux recettes, ou coefficient d'exploitation, a été de 42,49 pour 100 contre 42,09 pour 100 en 1903, 41,52 pour 100 en 1902 et 47,15 pour 100 en 1901. Les produits de l'exploitation ont donc atteint 11 882 652,56 fr.

La part revenant à la Ville de Paris sur les recettes brutes s'élevant à 6 672 541,50 étant prélevée, il reste comme produit net, au profit de la Compagnie, une somme de 5 210 111,06 fr.

Voici maintenant comment s'établit la situation financière :

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1904

Actif.

Premier établissement :		
Administration centrale		1 613 086,52 fr.
Voies		11 744 606,60
Stations et accès		8 221 210,29
Usines et sous-stations :		
Terrains	2 340 566,65	
Constructions	9 315 451,45	
Matériel	9 122 520,60	
Divers	1 030 922,86	
		21 809 461,56
Distribution de l'énergie		2 037 395,36
Domaine de la Compagnie :		
Bâtiment d'administration	1 419 084,78	
Ateliers de construction	7 458 732,24	
Matériel roulant	16 904 429,97	
Mobilier et outillage	1 158 290,08	
		26 940 537,07
A reporter		72 366 297,40 fr.

Report	72 366 297,40 fr.
Actionnaires	6 522 000,00
Caisse et banques	4 052 101,00
Cautionnements : Ville de Paris et divers	2 007 364,35
Avances diverses : impôts, loyers, assurances	233 491,72
Débiteurs divers	60 658,40
Frais de constitution de la Société	104 115,40
Approvisionnements	749 838,77
Total	86 095 867,04 fr.

Passif.

Capital		75 000 000,00 fr.
Réserve légale		457 495,04
Réserve constituée par les Assemblées du 18 janvier 1901 et 12 décembre 1902		121 583,72
Fonds de prévoyance créé par l'Assemblée générale du 16 mai 1904		597 008,30
Réserve constituée par l'Assemblée générale du 16 mai 1904 pour parer aux indemnités auxquelles a donné lieu l'accident du 10 août 1903		572 398,30
Créditeurs divers		3 919 454,09
Intérêts et dividendes (soldes coupons 1, 2, 3 et 4)		91 727,08
Profits et pertes :		
Solde exercice 1903	15 777,69	
Intérêts divers 1904	110 311,76	
Bénéfice 1904	5 210 111,06	
		5 336 200,51
Total		86 095 867,04 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Débit.

Redevance à la Ville de Paris		6 672 541,50 fr.
Dépenses d'exploitation :		
Administration centrale	262 203,50	
Service général d'exploitation	1 639 159,63	
Mouvement	2 166 108,40	
Matériel et traction	3 934 418,80	
Voies, accès, service électrique	777 754,94	
		8 779 645,27
Prélèvement pour amortissement des frais de constitution		14 115.40
Solde à répartir		5 322 085,11
Total		20 788 387,28 fr.

Crédit.

Report de l'exercice 1903	15 777,69 fr.
Intérêts en comptes et produits de fonds placés en reports	110 311,76
Recettes d'exploitation	20 348 954,95
Produits divers	313 342,88
Total	20 788 387,28 fr.

Les déclarations du Conseil d'administration ont été écoutées avec la plus grande attention et les résolutions proposées ont été adoptées sans débat par les actionnaires présents à l'Assemblée.

Nous noterons particulièrement celle ayant trait à la répartition des bénéfices nets qui s'est faite de la manière suivante :

Réserve légale	265 315,36 fr.
Intérêt statutaire de 3 pour 100 à 200 000 actions	1 500 000,00
Sur le surplus 8 pour 100 au Conseil d'administration	283 279,35
Au fonds de prévoyance	500 000,00
Dividende de 12,50 fr à 200 000 actions	2 500 000,00
Reporté à nouveau	273 490,40
Total	5 322 085,11 fr.

L'ÉDITEUR-GÉRANT : A. LAHURE.

53 853. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

14e Année. — N° 329. 10 Septembre 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION
É. HOSPITALIER
87, boulevard St-Michel. — Paris.
TÉLÉPHONE 812-89

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 24 francs par an.
Union Postale : 26 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9
Paris.
TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Raids électromobiles. — Les raids électromobiles sont à la mode, cette année, entre Paris et nos plages fashionnables, Trouville et Deauville.

Au commencement d'août, une voiture électrique actionnée par des accumulateurs Ziegenberg — accumulateurs dont nous ignorons encore, d'ailleurs, la composition générale, et dont nous ignorons même si le nom d'*accumulateur* peut leur être proprement appliqué — a parcouru Paris-Trouville sans recharge et est revenue à son point de départ en chemin de fer.

Nous n'avons aucun renseignement ni aucun élément d'appréciation de cette performance signalée seulement par quelques journaux politiques.

Le 19 août, M. Védrine a fait la route Paris-Trouville en électrique avec recharge à Évreux; et le 31 août, il fit Saint-Germain (grille d'Hennebont) — Trouville sans recharge, avec un coupé trois-quarts portant des accumulateurs *Agathos* (bon, brave à la guerre).

Le 30 août, M. Kriéger fait partir deux électromobiles (un coupé et un landau) place de la Concorde à Deauville, avec recharge à Évreux, et les mêmes véhicules, dont les accumulateurs sont rechargés à Deauville, reviennent le 1er septembre à la grille d'Hennebont sans recharge.

Les accumulateurs employés par M. Kriéger sont ceux de la Société pour le travail électrique des métaux.

Le 31 août, M. Védrine faisait de son côté le parcours grille d'Hennebont-Trouville sans recharge.

Pendant que ces performances s'accomplissaient, M. Jeantaud se contentait d'annoncer dans *L'Auto* du 29 août que « les raids en électriques du jour font mieux ressortir encore le perfectionnement apporté aux accumulateurs par l'E.I.t. Jeantaud » (?). C'est, dans tous ces raids, le comble du raide, car nous ne sachons pas qu'aucun accumulateur Jeantaud ait participé à un seul de ces voyages vers les plages normandes; mais passons....

Le tableau ci-dessous résume les résultats caractéristiques de ces performances, relevés par des chronométreurs officiels. Ils vont inciter une fois de plus le bon public à penser que la locomotion électrique sur route à une vitesse plus que raisonnable sur des distances de 200 km est désormais un fait acquis, et, une fois de plus, à notre humble avis, le bon public sera victime d'une illusion. Les véhicules transportaient un poids d'accumulateurs représentant 45 pour 100 environ

du poids total transporté, tandis que dans les voitures électriques ordinaires, le poids des accumulateurs dépasse rarement 30 pour 100 du poids en charge.

RAIDS ÉLECTROMOBILES PARIS–TROUVILLE–DEAUVILLE

ÉLÉMENTS	VÉDRINE		KRIÉGER	
	CAB	VOITURE	COUPÉ	LANDAU
Nombre de places	2	4	2	4
Poids du véhicule avec accumulateurs.	1580	1860	1590	1750
Poids des accumulateurs	700	560	800	900
Poids total en ordre de marche	»	»	1862	2100
Nombre d'éléments d'accumulateurs	»	»	44	42
Capacité, en ampères-heure	»	»	300	380
Temps du raid en deux étapes.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.
Saint-Germain-Évreux	2 12 49	3 6 18	1 51 11	1 52 22
Recharge	3	2 45	2 30	2 30
Évreux-Deauville	3 6 9	3 53 46	2 19 3	2 28 8
Vitesse moyenne, en km:h.	»	»	45	41
Temps du raid en une étape.				
Saint-Germain-Deauville (198 km)	»	6 30 13	4 55 48	5 14 16
Vitesse moyenne, en km:h.	»	28,5	35	37

Certains chiffres publiés par M. Faroux — l'un des voyageurs du coupé Kriéger dans le raid Deauville-Saint-Germain — dans *L'Auto* du 2 septembre nous rendent rêveur. D'après M. Faroux, à la vitesse de 40 km:h la consommation spécifique ne serait que de 58 *watts-heure par tonne-kilomètre*.

Tous calculs faits en partant de cette donnée, le coefficient de traction ne serait, dans ces conditions, que de 21,3 millièmes (21,3 kg par tonne) y compris la résistance de l'air, le rendement des engrenages et celui des moteurs. L'ampèremètre aurait-il *de la pente?*

On comprendra que nous n'acceptions ces chiffres que sous les plus expresses réserves, et nous nous trouvons ainsi conduit à cette conclusion logique, que tous les raids organisés par les intéressés n'ont, *en principe*, qu'une valeur médiocre, car ils ne mettent en relief que les *résultats* et fort peu les *moyens* par lesquels ces résultats ont été obtenus.

L'*Automobile-Club de France* a constitué l'an dernier une Commission spéciale des concours; c'est à elle d'organiser une épreuve dont on pourra tirer quelques renseignements sur les progrès réalisés par les électromobiles depuis le classique concours de fiacres de 1898.

Les inventions nouvelles au Salon de 1905 de l'Automobile-Club de France. — Le Comité d'organisation de la 8e Exposition internationale de l'Automobile, du Cycle et des Sports, dans le but de favoriser les progrès des industries des locomotions mécaniques, a décidé de réserver dans la manifestation de décembre prochain une salle spécialement affectée *aux inventions de l'année* 1905 concernant l'automobile, le cycle et les sports.

En groupant ainsi dans une même salle les inventions nouvelles que leurs auteurs pourront présenter soit sous la forme de dessins, maquettes, et même entièrement exécutées si les dimensions le permettent, le Comité d'organisation a pensé rendre un égal service aux inventeurs, qui auront ainsi un excellent moyen de se faire connaître, et à la foule des constructeurs, ingénieurs, mécaniciens, étudiants qui ne peuvent manquer de trouver dans une telle exposition un très vif intérêt.

Société industrielle de Mulhouse. — PRIX A DÉCERNER EN 1906. — Dans le programme des prix à décerner en 1906 par la Société industrielle de Mulhouse, nous relevons les suivants qui intéressent plus spécialement les électriciens.

57. *Application de l'électricité à l'impression.* — Médaille d'argent pour une application nouvelle quelconque de l'électricité dans l'industrie du blanchiment, de la teinture et de l'impression.

87. *Commande électrique d'une machine.* — Médaille et éventuellement une somme d'argent, si le travail le mérite, pour la commande électrique d'une machine à imprimer, d'une machine à papier ou de toute autre machine à vitesse très variable par un moteur triphasé alimenté à fréquence et tension constantes.

Pour un couple donné, qui à la vitesse de régime correspondra au moins à 10 chevaux, et des vitesses variables (par un moyen électrique) du simple au quintuple, le rendement du moteur, y compris les pertes accessoires dans les résistances, etc., ne sera jamais inférieur à 0,4 et son facteur de puissance jamais inférieur à 0,4. A vitesse normale et pour le couple normal mentionné ci-dessus, le rendement et le facteur de puissance seront d'au moins 0,75.

Cette application devra avoir fonctionné six mois au moins dans un établissement de l'Alsace.

La récompense sera accordée au constructeur, mais l'industriel chez lequel aura été faite l'application pourra également obtenir une médaille.

88. *Commande électrique d'une filature.* — Médaille et éventuellement une somme d'argent, si le travail le mérite, pour une étude de la commande électrique d'une filature, faisant ressortir les avantages qui peuvent en découler.

89. *Interrupteur automatique à maxima ou coupe-circuit.* — Médaille pour un appareil simple et peu coûteux, faisant fonction d'interrupteur automatique à maxima ou de coupe-circuit, avec la condition expresse qu'il devra pouvoir supporter, sans déclencher ou fondre — pendant au moins 15 à 20 secondes — un courant égal à 3 ou 4 fois le courant normal (démarrage) et déclencher ou fondre à coup sûr dans un laps de temps ne dépassant pas 10 minutes, pour un courant de 30 pour 100 supérieur au courant normal. Cet appareil devra pouvoir s'appliquer aussi bien au courant continu qu'au courant alternatif; il devra pouvoir se construire en modèle bi- et tripolaire et s'adapter surtout aux intensités inférieures à 50 ou 60 ampères. Son prix devra être assez bas pour qu'il puisse se substituer aux coupe-circuits fusibles employés actuellement, même pour de petits moteurs de 2 à 3 chevaux. Cet appareil ne sera pas nécessairement aussi bon marché qu'un coupe-circuit fusible ordinaire, surtout s'il est réglable.

Pour obtenir le prix, l'inventeur aura à remettre à la Société industrielle au moins un appareil sur lequel des essais concluants pourront être faits. Si l'appareil est un coupe-circuit à fusible, il faudra y joindre un nombre suffisant de fusibles pour permettre des essais complets.

90. *Coupe-circuit fusible d'installations jusqu'à 20 ou 30 ampères et 250/500 volts.* — Médaille pour un modèle de coupe-circuit fusible d'installations jusqu'à 20 ou 30 ampères et 250/500 volts qui, tout en remplissant les conditions *exigées* par les prescriptions en vigueur, mentionnées sous A, se rapprochera le plus des desiderata mentionnés sous B.

A. *Conditions indispensables.* — *a.* L'intensité normale, ou calibre du coupe-circuit, est définie par les conditions suivantes :

Pouvoir supporter, sans fondre ou s'altérer, une intensité de 25 pour 100 supérieure à celle de son courant normal.

Fondre à coup sûr dans un laps de temps n'excédant pas 2 minutes, pour une intensité double de la normale appliquée au coupe-circuit froid.

b. La construction devra être telle que, lors de la fusion, il ne puisse se produire d'arc durable, de projection de métal ou d'explosion, même dans le cas d'un court-circuit.

c. Le coupe-circuit devra être construit de manière à empêcher l'emploi erroné de fusibles trop forts.

d. La tension limite d'emploi et l'intensité normale du calibre seront indiquées sur la partie mobile (bouchon ou fiche).

B. Conditions désirées. — Il est désirable :

a. Que les indications exigées sous A(*d*) se trouvent à l'extérieur du coupe-circuit.

b. Qu'il n'y ait aucune pièce métallique sous tension, susceptible d'être touchée, soit extérieurement, soit pendant le remplacement de la partie mobile (bouchon, cartouche ou fiche).

c. Que la fraude du coupe-circuit, c'est-à-dire le remplacement du bouchon fusible par une autre pièce métallique, ou encore l'enlèvement ou l'adjonction de pièces permettant l'emploi de fusibles plus forts, soit rendue aussi difficile que possible.

d. Que la partie mobile (bouchon ou cartouche) elle-même soit en une seule pièce et sans couvercle facile à enlever. Les couvercles métalliques pour les bouchons fusibles ont d'ailleurs encore l'inconvénient de pouvoir être sous tension, lorsque le bourrage isolant devient humide.

e. Que le remplacement du fil fusible dans la partie mobile ne puisse être fait par un monteur quelconque, mais exige : soit un outillage spécial, soit le retour du bouchon au constructeur.

f. Qu'il soit possible de constater facilement à première vue (sans sortir le bouchon) si le coupe-circuit a fonctionné.

g. Que les parties fixes des coupe-circuits destinés à 500 volts ne permettent pas l'adaptation de bouchons fusibles destinés à des tensions inférieures à 250 volts.

h. Que le coupe-circuit entier soit robuste, de dimensions assez petites et se prête bien aux différentes combinaisons et groupements qui sont utiles dans une installation.

Commande électrique de laminoirs. — L'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* a installé dans la Haute-Silésie une commande électrique d'après le système Ilgner. Un moteur triphasé de 450 kw actionné par une distribution à 5800 v, 25 périodes:s commande une dynamo compound à courant continu de 500 kw; sur l'arbre commun est monté un volant en acier coulé de 18,5 tonnes, tournant à une vitesse périphérique de 80 m:s. Au synchronisme la vitesse du moteur serait de 375 t:m, sa vitesse réelle varie de 300 à 365 t:m suivant la charge. L'égalisation de la puissance est, comme on le sait, obtenue en faisant varier la vitesse du moteur triphasé; quand la charge augmente, on introduit des résistances dans le circuit du rotor du moteur, de sorte que sa vitesse baisse et le volant entre en jeu; quand la charge diminue, on retire des résistances de sorte que la vitesse du moteur augmente. Un petit moteur triphasé fonctionnant sous 220 v, commande les résistances, il est actionné par l'intermédiaire d'un relais monté sur une des phases du moteur principal (avec interposition d'un transformateur).

La dynamo-compound fournit du courant à 500 v; des barres générales du tableau sont actionnées, 3 moteurs de laminoirs : 1 moteur de 150 kw à 12 pôles, tournant à une vitesse angulaire de 60 à 110 t:m pour le train dégrossisseur; 1 moteur de 150 kw à 8 pôles pour le train laminoir moyen tournant de 150 à 230 t:m, et enfin 1 moteur de 225 kw à 8 pôles tournant de 320 à 400 t : m pour le train finisseur. En outre une série de petits moteurs sont branchés sur les barres générales.

Nouveaux enregistreurs Everett-Edgecumbe — Un des organes les plus défectueux des enregistreurs est l'organe inscripteur lui-même, plume ou molette, système présentant, ainsi qu'on le sait, des inconvénients, et la plume offrant particulièrement celui d'un trop grand effort de frottement sur le papier. La maison de construction Everett-Edgecumbe a, dans le construction d'enregistreurs d'un nouveau modèle, cherché à surmonter cet inconvénient, ainsi que tous les inconvénients secondaires des enregistreurs à plume.

Dans l'enregistreur Everett-Edgecumbe, la plume est remplacée par une pointe d'acier trempé, qui ne pèse pas sur le papier et reste libre de prendre exactement la position correcte. L'intervalle de temps déterminé est réglé en général à 5 secondes, un dispositif agit pour presser le stylet sur le papier, à travers un ruban analogue au ruban encreur des machines à écrire; le stylet produit ainsi sur le diagramme un point rond, dont la position correspond avec précision à la valeur instantanée du phénomène enregistreur.

L'appareil qui provoque cet enregistrement toutes les 5 secondes est commandé par un mécanisme d'horlogerie à déclenchement électrique, qui ferme toutes les 5 secondes le circuit d'un électro-aimant. Un second électro-aimant agit en même temps pour faire tourner le cylindre enregistreur d'une quantité déterminée. Le mécanisme a toute la robustesse et toute la régularité des mécanismes ordinaires d'horlogerie.

Si on désire commander un certain nombre d'enregistreurs réunis dans un poste, on peut employer comme source de courant celui des batteries ou celui des réseaux de distribution alimentant le poste, et on peut commander synchroniquement le jeu de tous les cylindres. Les appareils enregistreurs de courant continu sont à cadre mobile, ceux de courant alternatif sont soit du type dynamométrique, soit du modèle à fer doux. Le type dynamométrique est employé en général pour les indicateurs de facteurs de puissance, le type à fer doux pour les ampèremètres et voltmètres.

Le principe exposé ci-dessus permettrait, paraît-il, de réduire les dimensions des appareils dans des proportions appréciables.

Développement de l'électricité dans la région liégeoise. — Une Société vient de se constituer à Bruxelles, sous le nom de Société d'Électricité du pays de Liège, pour construire et exploiter des stations centrales d'énergie et des réseaux de distribution d'électricité ou de gaz. Elle a construit à Sclessin, près de Liège, une usine pour la production et la distribution d'énergie électrique, usine dont la puissance actuelle est de 3600 kw et qui fournit l'énergie aux entreprises suivantes : Société anonyme des Tramways liégeois, Société anonyme des Tramways de Cointe, Société anonyme des Tramways Liége-Seraing et extensions, Société anonyme des Aciéries d'Angleur, Société d'Électricité de l'Ourthe, Compagnie pour l'Éclairage électrique de Seraing et extensions. Elle doit étendre son activité à l'éclairage de Huy-Andenne et d'autres localités avoisinantes.

La Compagnie coloniale anglaise de la lampe Nernst. — Notre confrère l'*Electrician* de Londres rappelle une campagne qu'il a faite il y a six ans pour épargner aux capitaux anglais l'aventure que leur proposait la Nernst Electric Light C°, qui se fondait au capital de 320 000 livres (soit 8 000 000 de fr) pour exploiter l'Australie, l'Afrique, l'Asie, l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud. Elle avait acquis les droits de la lampe Nernst et les licences de construction et de vente pour ces pays, pour la jolie somme de 270 000 livres, soit 6 750 000 fr. Après une lutte de six années, pendant lesquelles aucun revenu n'a été payé aux actionnaires, cette Compagnie vient de revendre ces brevets aux propriétaires des brevets anglais et allemands pour une somme de 24 000 livres (600 000 fr), soit moins du dixième du prix payé pour leur achat.

Une transmission électrique pour bateaux. — Un des bateaux qui servent à transporter l'huile en Russie vient de faire l'objet d'un essai intéressant de transmission électrique. Ce bateau, long de 245 pieds (80,85 m) et jaugeant 1100 tonnes, est mû par deux hélices commandées électriquement et les

moteurs électriques sont alimentés par des groupes électrogènes à moteur Diesel. Ces groupes sont placés au milieu du bateau et les réservoirs d'huile se trouvent à l'avant et à l'arrière. La commande de tous les appareils peut être faite d'un seul point de la cabine même du pilote, qui n'a plus à recourir aux signaux par lesquels on doit d'ordinaire la mettre en communication avec la salle des machines.

Un nouveau méfait de l'électricité. — D'après le Dr Millener de Buffalo, le personnel des usines électriques serait sujet à une maladie spéciale, que ce docteur a observée, dans un assez grand nombre de cas, à Niagara.

19 des employés des usines de Niagara ont été soumis par lui à des observations qui lui paraissent concluantes : le voisinage immédiat de la machine à haute tension produit des troubles organiques de l'estomac, provoque la perte de l'appétit, la mauvaise digestion et la pâleur caractéristique d'un « blanc de chaux », d'après les rapports du docteur. Il attribue ce phénomène à l'influence chimique des radiations électriques ou de radiations de nature encore inconnue.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Le Boulou (Pyrénées-Orientales). — *Éclairage.* — Nous apprenons qu'après discussion et échange de vues sur les conditions qui sont faites à cette ville pour son éclairage, le Conseil municipal décide d'adopter les prix suivants :

Lampe de 10 bougies,	par lampe	et par an	......	18,00 fr.
— 16	—	—	......	28,80
— 20	—	—	......	36,00
— 25	—	—	......	57,60

Il décide en outre que la commune fera à l'abonné l'avance du prix de son installation. Toutefois, le montant total de cette somme ne pourra pas dépasser 18 fr par lampe placée; l'excédent, s'il en existe, du prix de l'installation sera payé directement et immédiatement par l'abonné.

Cette avance sera remboursée par des sommes égales payables chaque mois avec le montant de la valeur de l'éclairage fourni, et calculées de telle sorte, que le remboursement intégral soit effectué dans le délai de trois ans.

Il sera fait une réduction de 10 pour 100 sur le prix de l'installation, aux abonnés qui se libéreront immédiatement et une réduction de 6 pour 100 à ceux qui se libéreront dans un délai maximum d'un an.

Le prix de l'abonnement sera payable par mois et à terme échu, au domicile de l'abonné.

La lumière électrique sera fournie à toute personne qui contractera un abonnement d'un an au moins.

M. le Maire rend compte qu'il a fait assurer le nouveau bâtiment destiné à l'usine hydro-électrique, un bâtiment communal dit corps de garde, et l'employé de l'usine (ce dernier contre les accidents).

Le Conseil approuve ces assurances et décide que le montant des primes sera payé sur les fonds disponibles de la commune.

Saumur. - *Tramways électriques.* — Nous apprenons que, sur le rapport du Ministre des travaux publics, la ville de Saumur est autorisée à pourvoir à l'achèvement et à l'exploitation du réseau des tramways de Saumur et de sa banlieue, déclaré d'utilité publique par le décret du 9 janvier 1883.

Est approuvé le traité passé le 14 novembre 1895, entre le maire de Saumur au nom de la ville, d'une part, et la Compagnie française des voies ferrées économiques, d'autre part, pour la rétrocession de l'entreprise.

Vu notamment l'article 8 dudit traité, ainsi conçu : « Dans les six mois de la date du décret à intervenir approuvant le présent traité, la Compagnie française des voies ferrées économiques devra constituer, dans la forme prévue par l'article 10 de la loi du 11 juin 1880, une Société anonyme spéciale aux tramways de Saumur et banlieue.

« Cette Société aura son siège à Saumur, elle devra être agréée par la ville.

« Le rétrocessionnaire restera solidairement avec elle responsable envers la ville, sans distinction, ni division, de tous les engagements pris. »

Vu les demandes présentées le 11 avril 1905 par la Compagnie des tramways de Saumur et extensions, d'autre part, à l'effet d'obtenir l'approbation de la substitution de la seconde à la première comme rétrocessionnaire du réseau des tramways de Saumur et de sa banlieue.

Il a été décrété ce qui suit :

Art. 1er. — Est approuvée la substitution à la Compagnie française des voies ferrées économiques de la Compagnie des tramways de Saumur et extensions, comme rétrocessionnaire du réseau des tramways de Saumur et de sa banlieue.

Art. 2. — Il est interdit à la Compagnie des tramways de Saumur et extensions, sous peine de déchéance, d'engager son capital, directement ou indirectement, dans une entreprise autre que la construction et l'exploitation du réseau de tramways mentionné à l'article 1er, sans y avoir été préalablement autorisée par décret rendu en Conseil d'État.

Art. 3. — Le Ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois.*

ÉTRANGER

Vancouver (Colombie anglaise). — *Transmission d'énergie.* — La *Vancouver Power Co* a entrepris, en 1898, l'utilisation de l'eau du lac Coquitlam, pour fournir l'énergie électrique aux villes de Vancouver, New-Westminster et communes adjacentes. L'eau du lac, dont l'altitude est d'environ 130 m au-dessus du niveau de la mer, est amenée par un tunnel de 4 km au lac Troute, dont le niveau est à une altitude inférieure d'environ 10 m à celle du lac précédent. Le lac Troute sert de réservoir et est à environ 28 km de Vancouver.

La station centrale, placée à 540 m du lac Troute, reçoit l'eau au moyen de 10 conduites de 1,35 m de diamètre et de 2 conduites de 60 cm de diamètre aboutissant à la digue du lac Troute. La partie supérieure de ces conduites est en bois, mais les 300 derniers mètres sont en tôle d'acier rivée.

Après son achèvement complet, la station centrale comprendra quatre unités de 2200 kw et pourra être agrandie pour produire 22 000 kw. Chaque unité est composée d'un alternateur triphasé Westinghouse accouplé à deux roues Pelton placées de chaque côté. L'arbre commun est creux et est parcouru d'une façon permanente par une circulation d'eau pour son refroidissement dans les paliers à bagues. La vitesse angulaire est de 200 t:m et la fréquence des courants triphasés de 60 p:s.

La tension des courants triphasés est élevée à 20 000 volts par des groupes de transformateurs à refroidissement artificiel par circulation d'air. L'énergie est transmise sous cette tension aux sous-stations de Vancouver, Burnaly, New-Westminster et Lulu-Island.

La ligne de transmission est double; elle est supportée par des pylones métalliques.

Auprès du village de Barnet, il y a une portée de 830 m; les câbles sont en acier et les tours de support ont 42 m de hauteur au-dessus du niveau du cours d'eau que la ligne traverse.



MOTEURS A COURANT CONTINU

COMMANDE PAR RELAIS ET PAR COMBINATEURS

Lorsque, dans les applications des moteurs à courant continu, il s'agit d'effectuer de nombreuses mises en marche, ralentissements et arrêts, l'emploi des commutateurs ordinaires n'est plus possible en raison des étincelles inévitables et de l'usure des surfaces frottantes. On a recours en général à des combinateurs dérivant de ceux employés dans la traction électrique; la rupture se faisant sur des contacts en charbon, il suffit de changer ceux-ci quand ils sont détériorés. Les combinaisons qu'on peut obtenir avec cet appareil sont fort nombreuses, mais elles se résument presque toutes dans celle que nous exposons ici, figure 1, et qui est relative à la commande par

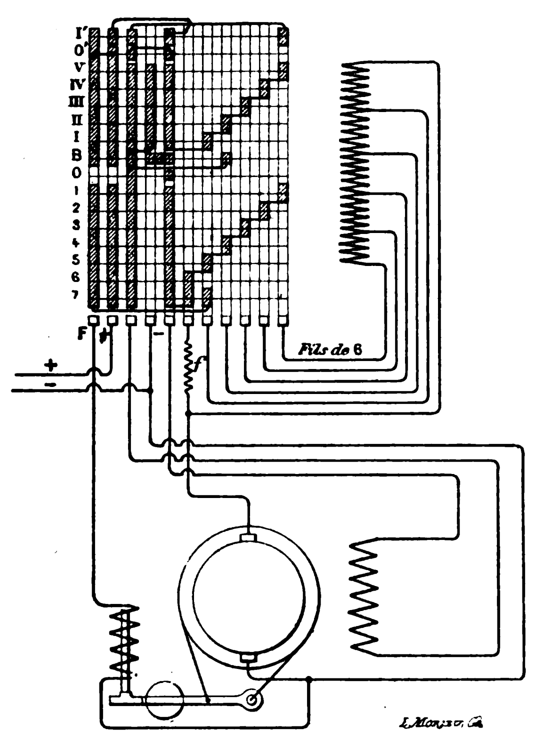


Fig. 1. — Connexion d'un combinateur de pont roulant.

moteur série du mouvement de levage d'un pont roulant tel que l'applique la maison Schuckert. Le schéma représente le tambour mobile du combinateur déroulé devant les balais fixes en charbon sur lesquels s'attachent les fils. La position médiane marquée 0 correspond à l'arrêt; les électros sont en court-circuit.

Montée de la charge (positions indiquées par les chiffres arabes). Position 1 : Le courant passe par les électros, toute la résistance et l'induit : démarrage.

Positions 2, 3, 4, 5 : Mises en court-circuit progressives des résistances : accélération.

Position 6 : Toutes les résistances sont sorties.

Position 7 : Les électros sont shuntés par une résistance : affaiblissement du champ et nouvelle accélération.

Arrêt : On repasse par le même cycle mais en sens inverse de 7 à 1 ; à la position 0, le courant est coupé en même temps que les électros sont mis en court-circuit; le courant de self s'annule sans étincelle de rupture.

Position B : Dans le cas d'une faible charge, l'énergie cinétique du système peut continuer un peu le mouvement, il s'agit de le freiner. Le moteur tourne dans le même sens sur le circuit fermé, il s'amorce comme dynamo avec un magnétisme remanent donnant un champ de même sens qu'à la montée. Il s'ensuit que le courant qui tend à se produire a le sens de la force contre-électromotrice et qu'il faut nécessairement intervertir les connexions : ce qui a lieu dans la position B.

Descente de la charge (positions indiquées par des chiffres romains). Position I : Le circuit est encore fermé et comprend les électros, l'induit et une résistance partielle. Le moteur entraîné tourne en sens inverse de la montée, il s'amorce comme dynamo; mais, comme il tourne en sens inverse de la position B où les connexions avaient été interverties, elles sont rétablies ici.

Positions II, III, IV, V : Des résistances sont ajoutées dans le circuit : la descente s'accélère.

Position O' : Le circuit de l'induit est ouvert, les électros mis en court-circuit, la charge descend sans freinage.

Position I' : Le courant est introduit avec toutes les résistances en renversant la polarité des inducteurs; le moteur est entraîné dans le sens de la descente : cette manœuvre a lieu quand le crochet doit descendre à vide et n'est pas assez lourd pour entraîner le mouvement.

Une double bande envoie par le charbon F le courant à un frein électromagnétique, qui arrête le système en cas d'interruption de courant. Cette dernière précaution a beaucoup d'importance : en effet, le moteur commande presque toujours une vis et une roue hélicoïdale; si la vis n'est pas reversible, son rendement est faible, et le moteur ne peut être entraîné à la descente; si l'on veut obtenir un bon rendement de la vis, elle devient reversible et entraîne le moteur; mais le dispositif d'amorçage du moteur est hasardeux, il peut rater si le collecteur est encrassé, et en tout cas il n'a lieu qu'à une certaine *vitesse critique*, la charge tombant sans frein jusqu'à ce que cette vitesse soit atteinte. Nous nous proposons d'examiner prochainement la question si importante de l'application des moteurs aux appareils de levage, et nous verrons qu'il est préférable, pour la précision et la sûreté des manœuvres, de faire usage de moteurs compound concourant pour le levage et de moteurs dérivation pour les translations de la charge.

La figure 2 est le schéma d'un des moteurs série servant à la translation de la charge; il est évidemment symétrique par rapport à la position 0 et offre à peu près les mêmes combinaisons que le levage. L'enroulement F indiqué aux schémas est un souffleur magnétique.

Ce système de commande par combinateur est appliqué dans un grand nombre de cas fort divers; il n'est pas

sans présenter souvent des inconvénients sérieux; ainsi, quand il s'agit de commander un ou plusieurs moteurs conjugués, à une certaine distance, avec un certain nombre de combinaisons, il exige une canalisation souvent importante de gros fils; s'il s'agit de commander le ou les mêmes moteurs de postes différents, ou si de fausses manœuvres peuvent être produites, il faut lui adjoindre un système de verrouillage électrique ou mécanique; dans les postes de commande exigus il devient encombrant; enfin, quand il s'agit de très forts moteurs (tels que ceux des sous-marins) absorbant plusieurs milliers d'ampères, il devient presque impossible de les actionner directement avec quelque précision. C'est pour obvier à ces divers inconvénients qu'on a imaginé la commande par relais qui offre des propriétés très spéciales.

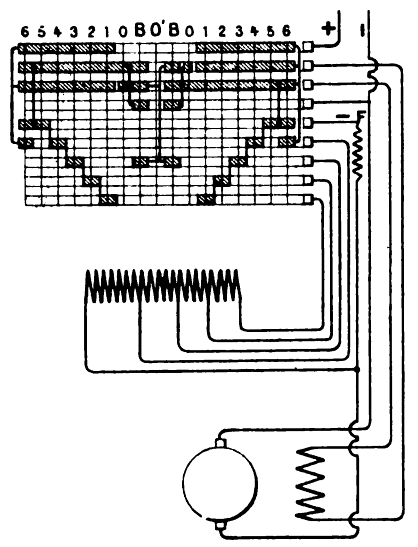


Fig. 2. — Couplage du moteur de translation.

Ce procédé consiste à commander, à l'aide d'un courant auxiliaire de très faible intensité, et par conséquent avec de petits commutateurs ou souvent même à l'aide de simples boutons de sonnerie, un ou plusieurs électros à longue course qui abattent un ou plusieurs leviers portant des contacts en charbon et établissent les connexions voulues du courant principal. Les avantages immédiats de ce système sont : une grande précision de manœuvre, combinaisons automatiques nombreuses et facilement réalisées par de simples connexions en fil fin, verrouillages faciles, encombrement des postes restreint, réduction du prix des canalisations et des appareils de commande.

La description d'un de ces appareils et une de ses applications les plus typiques feront mieux ressortir les avantages remarquables que présente ce système. Le servo-relais que nous avons établi récemment et que nous décrirons ici n'est en somme qu'un relais perfectionné; il peut en conséquence servir de type quant au fonctionnement de ce genre d'appareils. Dans sa plus simple disposition (fig. 3), le servo-relais se compose d'un levier A mobile autour d'un axe et portant des contacts en charbons gros et courts BB' réunis entre eux et connectant les contacts CC' également en charbons montés sur ressorts. L'effort nécessaire au contact est assuré par le ressort D. Un électro dit « actif » E peut rompre ces contacts quand on envoie le courant dans sa bobine magnétisante; dans ce cas, le levier A se lève en tendant le ressort D et se présente sous le verrou à ressort F qu'il repousse et au-dessus duquel il passe; lorsque le courant d'électro cesse, le levier repose sur ce verrou. Ce verrou forme le noyau d'un autre électro G de plus petite dimension

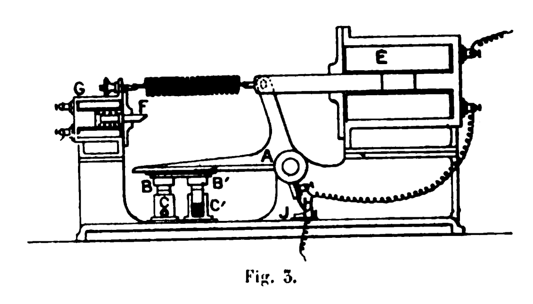


Fig. 3.

appelé électro de détente qui, lorsqu'il reçoit le courant, attire le verrou F et laisse tomber le levier A sur les contacts C C'. Le levier A porte encore dans certains cas un petit balai flexible H frottant sur un secteur I et dont la fonction est de couper le courant dans l'électro à bout de course quand la commande ne se fait pas par bouton. Le nombre des contacts C C' est déterminé par celui des combinaisons nécessaires dans chaque cas. La caractéristique de cette disposition est que, lorsqu'on a envoyé le courant dans l'électro de détente G et fermé les circuits principaux par les contacts BB', ces circuits restent fermés, malgré l'interruption du courant d'électro, jusqu'à ce qu'on fasse fonctionner l'électro actif E qui les ouvre. Le courant de ce dernier se coupe automatiquement par le balai flexible H qui, à bout de course, se redresse en quittant le secteur I et permet au levier de venir reposer sur le verrou. Ces courants d'électro sont toujours très faibles et, comme ils ne passent que pendant un temps très court, on peut adopter une densité de courant beaucoup plus élevée que dans les électros des relais fonctionnant d'une façon continue. Les électros solénoïdes employés n'ont qu'un entrefer égal à 1 fois la course au lieu de 2 fois, comme dans les électros ordinaires à deux branches. Cet entrefer est dans le centre de la bobine, de façon à rendre minimum les dérivations magnétiques ou pertes de flux.

Voyons comment s'applique ce servo-relais, et comment il effectue automatiquement le démarrage. Décrivons l'application à un monte-charge. Dans ce cas (fig. 4), 2 électros de détente sont nécessaires : l'un J pour la montée, l'autre K pour la descente. Un électro de démarrage I, dont les bornes de la bobine sont connectées sur celles du moteur, porte aussi un verrou sur lequel s'appuient 2 ou plusieurs leviers MN de longueur inégale, de façon à être lâchés l'un après l'autre à mesure de l'entrée du noyau mobile : celui-ci est maintenu sorti par une

tige de cuivre O qui traverse la culasse et s'appuie sur un premier ressort P; un peu en arrière de celui-ci est un autre ressort Q qui entre en action après une certaine course du noyau et après que le premier levier M est tombé. Ces ressorts échelonnés évitent l'erreur dans laquelle on est souvent tombé en manœuvrant un commutateur par un électro entraînant un ressort de rappel,

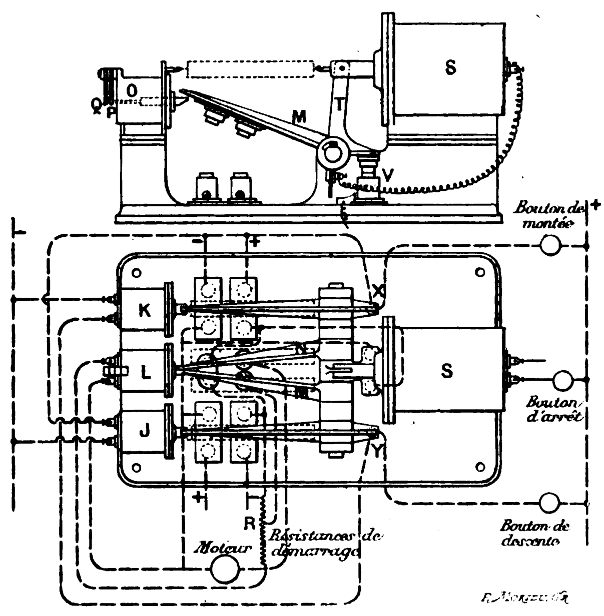


Fig. 4. — Application du servo-relais à un monte-charge.

la résistance du ressort étant proportionnelle à la course, alors que l'attraction est sensiblement et inversement proportionnelle au carré de l'entrefer; il s'ensuit qu'aussitôt que le ressort cède, le noyau va jusqu'au bout de la course, sans arrêt intermédiaire sur les plots du commutateur.

Le circuit du moteur comporte une résistance convenable R fractionnée de façon que chaque partie soit mise en court-circuit, par la chute successive des leviers M et N.

Cette chute est provoquée automatiquement de la façon suivante : Lorsqu'un électro de détente a lâché son levier, le courant qui parcourt le circuit est $I = \frac{U}{R+r}$, R étant la valeur de la résistance additionnelle destinée à limiter la valeur de I, la différence de potentiel aux bornes du moteur est Ir et assez petite pour que le courant qui parcourt l'électro L ne soit pas suffisant pour faire céder le ressort P, mais le moteur démarre et prend une vitesse de rotation qui donne naissance à une force contre-électromotrice e. A ce moment, la différence de potentiel aux bornes du moteur est $U' = e + Ir$, elle devient suffisante pour que le courant dans l'électro L fasse fléchir le ressort P, le levier M s'abat et supprime une partie de la résistance; le moteur s'accélère; la différence de potentiel aux bornes augmente, le noyau de l'électro I fait fléchir le 2e ressort Q, le levier N s'abat et l'on arrive au régime. Dans beaucoup de cas, un électro et deux leviers sont suffisants; on peut à volonté augmenter les leviers et les électros L. Pour l'arrêt, un seul électro actif S est nécessaire parce qu'il relève tous les leviers. A cet effet, le levier simple T de cet électro est claveté sur l'arbre, la clavette règne sur toute la longueur et les autres leviers portent une rainure U qui leur permet de tomber isolément. Le premier levier qui tombe entraîne le levier T. Des contacts supplémentaires V agissent lorsque le levier est relevé, et à l'arrêt mettent le moteur en court-circuit. Les contacts X et Y empêchent de faire tomber ensemble les leviers J et K qui se coupent mutuellement leur circuit. Le schéma (fig. 5) représente l'en-

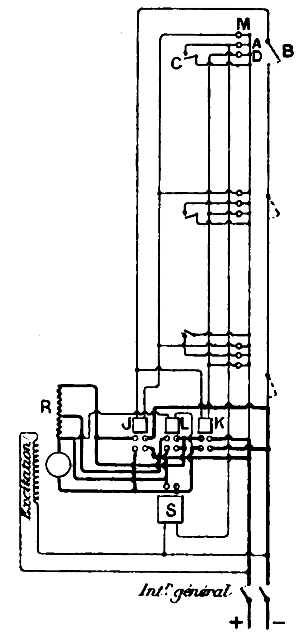


Fig. 5. — Ensemble de la commande.

semble de la commande du monte-charge; on peut voir qu'il a été prévu 3 boutons M. D. A. (montée, arrêt, descente), à 3 étages. Les portes des paliers B coupent le circuit en s'ouvrant de façon à éviter toute manœuvre intempestive; les arrêts automatiques se font par les contacts C. On voit qu'il y a très peu de gros fil et que toute la commande est en fil fin; il en est ainsi dans toutes les applications de relais. Nous aurons l'avantage par la suite de présenter aux lecteurs d'autres applications, intéressantes par d'autres points, qui feront ressortir encore l'élégance du procédé. ÉMILE DUBOIS.

CYMOMÈTRE A LECTURE DIRECTE

Le *cymomètre* (dont le nom correct serait, malgré le Professeur Fleming, son père et parrain, soit *cymatomètre*, soit simplement *cymamètre*) [1] ou *mesureur d'ondes* est

[1] Il est vraiment singulier que, en ce siècle de prétendu savoir et où le développement de la science oblige à la création conti-

un appareil destiné à mesurer directement, sans calcul, la fréquence des oscillations électriques de haute fréquence dans un circuit, ouvert ou fermé, tel qu'une antenne de télégraphie sans fil, aussi bien que la capacité d'une bouteille de Leyde ou la self-induction, dans certaines limites, d'un circuit parcouru par des courants de haute fréquence.

Voici le principe de son fonctionnement : Si l'on a un circuit, ouvert ou fermé, siège d'oscillations électriques, on peut déterminer des oscillations de même fréquence dans un autre circuit inductif réglable, à la condition que l'induction mutuelle des deux circuits en question soit très faible.

Si l'on peut faire varier la self-induction L et la capacité C de ce dernier circuit et si l'on connait les valeurs de ces deux quantités, la résonance maximum correspondra à la relation

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 1/\sqrt{LC},$$

$1/T$ étant la fréquence dans le circuit primaire étudié. Cette relation simple ne subsiste cependant que pour une induction mutuelle suffisamment faible entre les deux circuits.

Par abréviation le Professeur Fleming appelle *constante d'oscillation* du circuit la quantité $\sqrt{LC}$. Supposons donc un circuit formé d'une bobine d'induction et d'un condensateur reliés en série, le circuit étant fermé sur lui-même. Admettons qu'une partie de ce circuit, constituée par un fil tendu ou une tige droite, puisse se placer dans

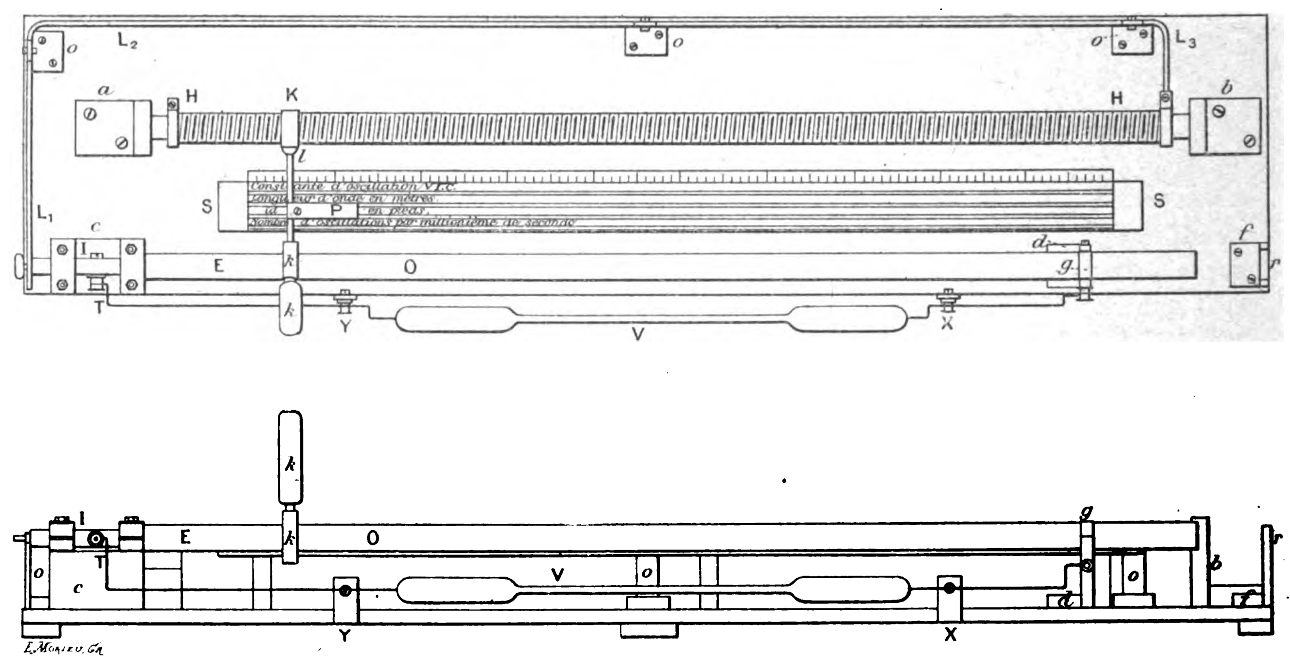


Fig. 1. — Cymomètre à lecture directe. — Plan et élévation.

le voisinage d'un circuit quelconque où se produisent des oscillations. Celles-ci en induiront d'autres dans le premier circuit. Si alors il existe un moyen de faire varier à la fois la self-induction et la capacité de ce circuit fermé, on pourra l'amener dans une condition telle que sa constante d'oscillation $\sqrt{LC}$ ait avec la fréquence des oscillations dans le circuit primaire une relation telle que $\frac{1}{T} = \frac{1}{2}\pi\sqrt{LC}$ et qu'il existe entre les armatures du condensateur complétant le circuit la différence de potentiel maximum. On contrôlera cette condition critique au moyen d'un tube à vide du type spectroscopique, contenant, de préférence, du néon et relié aux armatures du condensateur.

L'appareil en sa forme pratique la plus récente est constitué par un condensateur tubulaire à glissement, formé de deux tubes de laiton I et O (fig. 1), séparés par un troisième tube en ébonite. Le tube de laiton extérieur O peut se déplacer à l'aide d'une poignée *k* entraînant un index P qui se meut le long d'une échelle divisée SS. Parallèlement à ce condensateur est montée une bobine d'induction HH formée d'un fil de cuivre nu roulé sur un tube d'ébonite dans lequel a été pratiquée une rainure hélicoïdale pour le maintenir. Le tube extérieur métallique O du condensateur est en outre muni d'une languette *l* reliée à un demi-collier K qui porte sur la bobine d'induction. Le circuit du condensateur et de la bobine d'induction est complété par une barre de cuivre

nuelle de noms nouveaux, on se préoccupe aussi peu de la formation correcte de ces mots. L'ignorance littéraire n'a, en cela, d'égale que l'indifférence la plus absolue et, à ce point de vue, l'abus de la lettre *o* a la palme. Alors qu'elle est parfaitement à sa place dans les mots tels que « cinématographe », « cosmographie », « sismographe », « thermomètre », et autres, voire « géomètre », « photographe », etc., on se demande ce qu'elle vient bien faire dans « ondographe », « oscillographe », « cablogramme » (ignarement écorché du terme anglais primitif et actuel « cablegram »), etc., dont elle crée bien gratuitement des barbarismes et sur lesquels se jettent, naturellement, avec d'autant plus d'avidité, nos journalistes de tous ordres, que la formation en est plus défectueuse et ridicule.

L_1, L_2, L_3 de section carrée. L'instrument est enfin pourvu d'un tube à vide V fixé à deux petits crochets placés eux-mêmes aux extrémités de fils de cuivre en connexion respective avec les armatures tubulaires intérieure et extérieure du condensateur.

On voit ainsi que le déplacement effectué à l'aide de la poignée fait glisser le tube extérieur du condensateur par rapport au tube intérieur et réduit en conséquence sa capacité d'une quantité presque exactement proportionnelle au déplacement en question, ce que confirme la ligne sensiblement droite obtenue quand on trace la courbe des capacités réalisées en fonction dudit déplacement. Le même mouvement de la poignée réduit, d'autre part, la self-induction du circuit fermé, en raison de ce que la self-induction de la portion de l'hélice située entre le collier extrême *b* et l'étrier K est presque exactement proportionnelle à la longueur d'hélice ainsi limitée. Par suite, la constante d'oscillation du circuit $\sqrt{LC}$ correspondant aux diverses positions de la poignée est proportionnelle à son déplacement, ce qui permet de graduer l'échelle en conséquence.

Pour déterminer la *fréquence des oscillations dans un circuit quelconque*, on monte l'appareil de telle sorte que la barre de cuivre L_2, L_3 soit parallèle au circuit en question et voisine d'une portion droite de ce circuit et l'on manœuvre la poignée de l'instrument jusqu'à ce qu'on obtienne l'éclat maximum du tube à vide. La lecture de l'échelle donne alors la constante d'oscillation du circuit du cymomètre dans cette position. Or, la fréquence correspondant à cette lecture étant, par rapport à la constante, comme sont entre elles les coordonnées d'une hyperbole rectangulaire, on peut graduer également l'échelle du cymomètre de manière à lui faire donner directement les fréquences. De même, si le circuit étudié est un circuit ouvert rayonnant des ondes électriques, il existe entre la longueur des ondes émises et leur fréquence une relation définie ayant pour expression $v = \frac{\lambda}{T}$, si v est la vitesse de la radiation électromagnétique. Par suite l'échelle du cymomètre peut encore être graduée de manière à indiquer directement les longueurs d'onde, ce qui en fait un appareil à lecture directe permettant la mesure des longueurs d'ondes applicable à la télégraphie sans fil. La fréquence des oscillations étant reliée à la *constante d'oscillation* par cette règle qu'elle est égale à 5033 millions divisés par cette constante, le produit de la constante d'oscillation donnée par l'échelle et du nombre d'oscillations par millionième de seconde est presque exactement égal à 5.

Cet instrument trouve également son application dans les laboratoires pour la *détermination des capacités, des inductances et des coefficients de couplage des bobines d'induction*. A cet effet un circuit de forme rectangulaire, en fil isolé ABCD (fig. 2) de 1,6 mm de diamètre, est disposé à l'intérieur du couvercle de la caisse contenant l'appareil. Ce circuit est coupé en deux points où ses deux bouts restent libres; on lui donne la forme rectangulaire de manière à permettre le calcul de sa self-induction pour des courants de haute fréquence. Dans ces conditions, supposons qu'on veuille déterminer la capacité d'une petite bouteille de Leyde pour des courants de haute fréquence; voici comment on procède : on relie par ses armatures intérieure et extérieure la bouteille à l'une des paires de bouts libres du rectangle, et l'autre paire aux deux boules secondaires d'une bobine

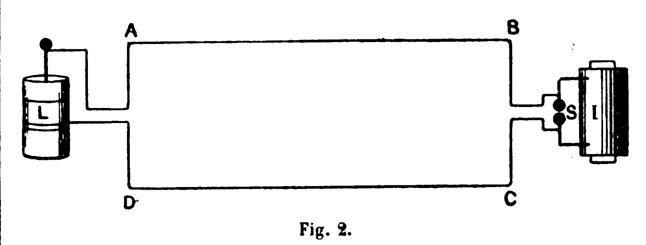


Fig. 2.

d'induction. On monte alors la barre du cymomètre dans le voisinage et parallèlement aux grands côtés du rectangle, et l'on détermine, avec la bobine d'induction, des oscillations dans la bouteille de Leyde; puis on manœuvre la poignée de l'appareil jusqu'à ce que le tube à vide fournisse son plus grand éclat lumineux et on lit sur l'échelle la valeur de la constante d'oscillation. On sait alors que telle doit être la constante d'oscillation du circuit de la bouteille.

La valeur de la self-induction de haute fréquence du circuit rectangulaire est donnée sur l'instrument; par suite, si on la désigne par L_1 (en cm), la lecture de la constante d'oscillation sur le cymomètre étant ici O_1, on a pour la capacité C_1 de la bouteille, en microfarads,

$$C_1 = \frac{O_1^2}{L_1}.$$

Quant à la self-induction du circuit rectangulaire, on la calcule par application et développement de la formule de Neumann, donnant l'énergie potentielle mutuelle de deux circuits filiformes disposés en deux rectangles égaux, de côtés connus, situés dans des plans parallèles, à une distance donnée (Mascart et Joubert, *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, t. II, p. 141), compte naturellement tenu des quatre bouts de fils de liaison.

Dans ces conditions on peut donner au circuit rectangulaire considéré monté dans le couvercle de l'appareil une self-induction déterminée, de 5000 cm, par exemple. En élevant dès lors au carré le nombre fourni par la lecture de l'échelle « Constante d'oscillation » et le divisant par 5000, on a, en fraction de microfarad, la capacité cherchée. On peut mesurer ainsi des capacités s'élevant jusqu'à 1/300e de microfarad.

Pour déterminer l'*inductance de haute fréquence d'une faible longueur de fil*, soit celle d'une boucle d'une ou deux spires, on monte cette boucle en série avec le circuit rectangulaire de l'appareil et un condensateur de capacité connue, et, en opérant comme précédemment, jusqu'à ce qu'on obtienne l'éclat maximum du tube à vide, on détermine la constante d'oscillation du circuit ainsi constitué.



Si l'on désigne alors par L_2 la self-induction de la boucle de fil étudiée, par L_1 celle du rectangle de l'instrument, et par O_1 la constante d'oscillation observée pour L_1 seule, O_2 étant celle donnée par L_1 et L_2 en série, on a, conformément à l'expression ci-dessus :

$$O_1^2 = CL_1,$$

$$O_2^2 = C(L_1 + L_2);$$

d'où :

$$L_2 = \frac{O_2^2 - O_1^2}{C}.$$

On peut également appliquer l'appareil à la *détermination des coefficients de couplage des circuits d'un transformateur à noyau d'air*, tel qu'un transformateur d'oscillation employé en télégraphie sans fil. Si l'on appelle L la self-induction du circuit primaire, N celle du circuit secondaire, et M leur induction mutuelle, $M/\sqrt{LN}$ a reçu le nom de *coefficient de couplage*, quantité importante dans la théorie des transformateurs de haute fréquence.

On peut relier en un seul les deux circuits du transformateur d'oscillation de telle sorte qu'ils s'aident ou se fassent opposition mutuellement dans la création d'un flux co-enchaîné. La self-induction effective est alors, dans un cas, $L + 2M + N$, et, dans l'autre, $L - 2M + N$.

Si l'on traite le transformateur d'oscillations ainsi constitué des deux manières et qu'on mesure comme précédemment les self-inductions effectives L_1 et L_2 dans les deux cas, on a

$$L_1 = L + 2M + N,$$

$$L_2 = L - 2M + N,$$

d'où :

$$M = \frac{L_1 - L_2}{4},$$

$$L + N = \frac{L_1 + L_2}{2}.$$

On peut alors déterminer directement et indépendamment la plus grande des deux self-inductions L ou N, et, par suite, calculer la valeur de $M/\sqrt{LN}$ ou coefficient de couplage des circuits.

Pour déterminer la *longueur des ondes émises par une antenne Marconi*, on monte le cymomètre avec sa barre de cuivre parallèle à la portion la plus basse de l'antenne et à quelques centimètres de distance; on met ensuite en action la bobine de transmission et l'on manœuvre la poignée de l'instrument jusqu'à ce qu'on obtienne le maximum d'éclat du tube à vide. La lecture sur l'échelle correspondante donne, en mètres ou en pieds, la longueur d'onde. On trouve en général deux positions de la poignée donnant ce maximum; ils correspondent aux deux longueurs d'ondes issues de l'antenne.

Le cymomètre s'applique à la mesure de la longueur non seulement d'une onde émise par une antenne de transmission, mais aussi d'une onde reçue. A cet effet, on roule une bobine de quelques spires autour de la longue bobine d'induction hélicoïdale et on l'insère entre la terre et l'antenne réceptrice. On remplace alors le tube à vide par un modèle quelconque de détecteur électrique, tel qu'un cohéreur ou un détecteur magnétique Marconi, et l'on manœuvre l'instrument jusqu'à ce qu'on obtienne le maximum d'effet ou que le récepteur l'indique; la lecture de l'échelle du cymomètre donne alors la longueur des ondes reçues.

Dans cette recherche et, par le fait, dans toutes les applications ci-dessus indiquées du cymomètre, il faut placer la barre L_2 et L_3 aussi loin que possible du circuit étudié. Si cependant on l'éloigne trop, le tube à vide ne s'illumine pas toujours; mais, en la rapprochant assez, on trouvera une position pour laquelle une indication très précise de l'échelle correspondra exactement à l'éclat du tube.

Cet instrument est des plus précieux comme appareil de cours pour l'illustration des lois de la résonance électrique et des phénomènes en connexion avec la production inductive des oscillations électriques. Il s'applique, en réalité, aux oscillations de haute fréquence, comme le Pont de Wheatstone ou le Potentiomètre à l'étude des courants continus. Les tubes à vide au néon sont, comme l'a montré le professeur Fleming, beaucoup plus sensibles que tous les autres et ils prennent un éclat qui permet de les voir à la pleine lumière du jour dans un grand amphithéâtre. E. B.

VOLTMÈTRE ÉLECTROSTATIQUE

POUR 200 000 VOLTS

Dans une communication faite le 5 juin dernier à l'*Association électrotechnique italienne*, M. Jona a exposé comment, en s'occupant depuis une quinzaine d'années de recherches avec de hautes tensions, il a été amené à reconnaître qu'il n'existait pas de voltmètres commodes pour la mesure de ces tensions. Le voltmètre électrostatique à balance de lord Kelvin a le défaut d'être trop encombrant et d'avoir un pôle non isolé. Pour des tensions de 100 000 volts, il n'est pas d'ailleurs autrement sûr, en raison de la distance plutôt faible des plateaux, et, avec des courants alternatifs non sinusoïdaux, il s'y produit facilement des étincelles qui compromettent l'appareil. Après plusieurs autres pour moindres tensions, 25 000 à 50 000 volts, qui paraîtraient basses aujourd'hui, l'auteur a établi un dernier type de voltmètre, qui permet de mesurer des différences de potentiel de 150 000 et 200 000 volts.

Le fonctionnement de cet instrument (fig. 1) est basé sur l'attraction d'un plateau mobile P par un plateau fixe Q, chacun d'eux étant relié respectivement à l'un des pôles de l'appareil dont il s'agit de mesurer la tension.

Un petit axe horizontal en acier, oscillant entre deux pointes d'agate, est monté sur une croix à l'extrémité du bras horizontal de laquelle est suspendu par un fil long et fin le petit plateau mobile P ; l'autre extrémité de ce bras porte un contrepoids réglable à vis. A la partie supérieure du bras vertical de cette croix est disposé un autre contrepoids à vis qui permet d'équilibrer le tout de manière à rendre la suspension folle. A son extrémité inférieure se trouve un petit poids p (fig. 1 b) qui constitue la force antagoniste du système. Le tout est d'ailleurs fixé à l'extrémité supérieure d'une colonnette G, soit métallique (fig. 1), soit en ébonite (fig. 2).

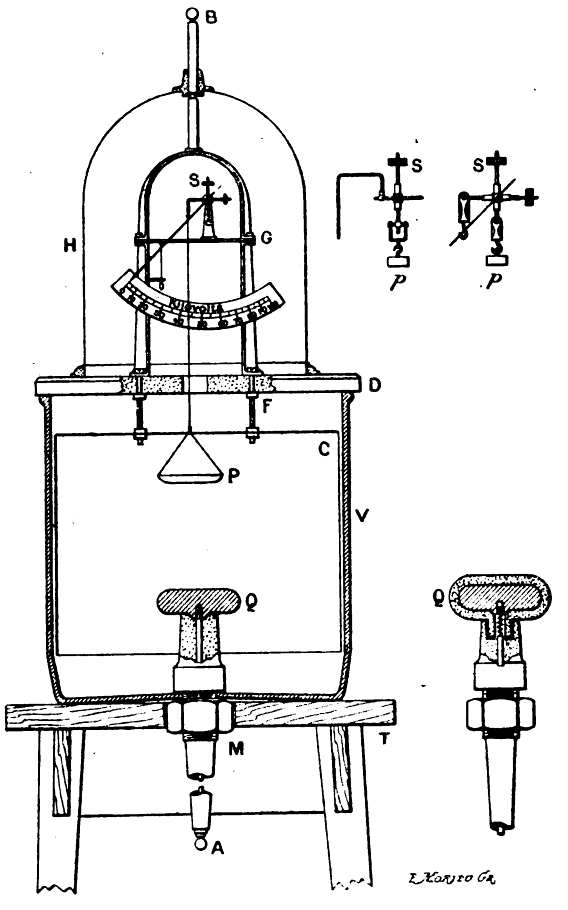


Fig. 1. — Voltmètre pour 100000 volts.

Dans le voltmètre pour 100 000 volts, le plateau fixe est porté par une petite colonne en ébonite traversant le fond d'un vase de verre V rempli d'huile de paraffine (fig. 1). Concentriquement avec ce vase et électriquement relié au plateau mobile est disposé un cylindre métallique C qui équilibre les potentiels à l'intérieur de l'appareil. Un index fixé à l'axe horizontal mobile indique la tension sur une échelle. Quand l'instrument est bien équilibré, c'est-à-dire en équilibre indifférent autour de son axe de suspension, la valeur des divisions de l'échelle ne dépend que du poids variable p qui permet ainsi de régler, dans certaines limites et suivant les besoins, sa sensibilité ou du moins celle de la graduation.

Ce type d'appareil présente l'avantage d'être très compact, de mettre en jeu de grandes forces d'attraction et d'être apériodique, qualités qu'il doit à l'emploi de l'huile. Les pôles opposés y sont en outre très éloignés l'un de l'autre, d'où beaucoup moindre danger d'étincelles

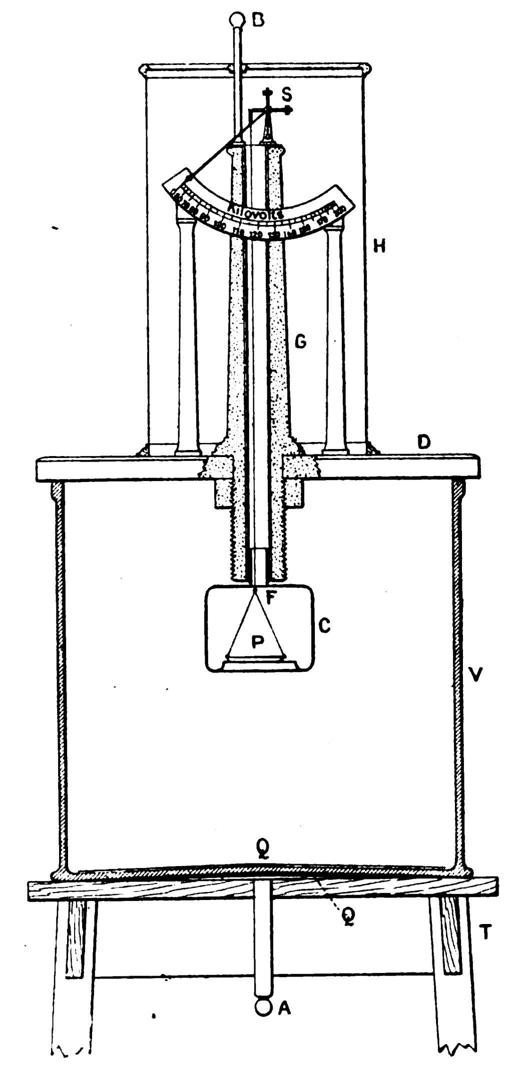


Fig. 2. — Voltmètre pour 200 000 volts.

et effluves notablement moins prononcés. Cette supériorité résulte manifestement de la comparaison de ce voltmètre avec un Kelvin à air ; mais il y a lieu de remarquer que l'air a une constante diélectrique invariable et indépendante de la fréquence dans les limites ici considérées, de sorte que dans un Kelvin la valeur d'une division de l'échelle dépend uniquement des dimensions et des poids de l'instrument, tandis qu'ici elle dépend aussi essentiellement du liquide isolant. Le changement d'huile en une autre de constante diélectrique différente modifie nécessairement l'échelle, attendu que l'attraction entre les plateaux est proportionnelle aux charges qui, à égalité de tension, sont elles-mêmes proportionnelles à la capacité, c'est-à-dire à la constante diélectrique.

Aussi dans un instrument de ce genre faut-il toujours maintenir l'huile avec laquelle il a été gradué, l'expérience n'ayant pas indiqué jusqu'ici de variation dans

cette capacité avec le temps, soit spontanément, soit sous l'action des tensions élevées auxquelles elle est soumise.

Certains artifices, tels que l'emploi de condensateurs, permettent, comme on sait, de mesurer une tension beaucoup plus élevée avec un électromètre électrostatique de moindre portée. Si, en effet, un système de condensateurs en série est relié aux deux pôles d'un transformateur, la tension se répartit entre ces condensateurs en raison inverse de leurs capacités respectives. On peut dès lors mettre le voltmètre électrostatique en dérivation sur l'un d'eux, mesurer la tension aux bornes de ce transformateur, et, connaissant la capacité individuelle de chacun d'eux, en déduire la tension totale. Il faut seulement que la capacité du voltmètre soit négligeable par rapport à celle du condensateur sur lequel il est branché. Le voltmètre, étant lui-même un condensateur, peut être aussi couplé en série avec les autres condensateurs et absorber, comme s'il était seul, une fraction connue de la tension. On peut encore relier en série divers voltmètres électrostatiques de construction appropriée et faire la somme des tensions indiquées par chacun d'eux.

Le rappel de ce montage conduit ici à établir la différence entre les voltmètres pour 200 000 volts et ceux applicables à de moindres tensions. Dans ces derniers (fig. 1) le plateau fixe Q, relié à l'un des pôles du transformateur, se trouve à l'intérieur du vase de verre; les deux plateaux P et Q, réunis aux deux pôles, sont plongés tous deux dans un même diélectrique liquide qui est de l'huile de paraffine. Dans le voltmètre pour 200 000 volts, au contraire (fig. 2), pour n'avoir pas à forer le fond du vase de verre et pour éviter les fuites d'huile qui peuvent en résulter, en dépit de toutes les garnitures, le vase n'est pas percé; mais son fond est revêtu extérieurement et intérieurement d'une feuille d'étain. La feuille externe Q' communique par l'entremise de la borne A avec un des deux pôles du transformateur et la feuille interne Q se charge par induction et attire alors le plateau mobile P électriquement relié à la borne B. Cette feuille interne n'est même pas nécessaire, sa suppression n'empêchant pas l'attraction; mais elle sert à établir à l'intérieur, en regard du plateau mobile, une surface équipotentielle bien définie.

Dans ce type de voltmètre à double garniture d'étain on modifie légèrement la construction pour éviter la production d'étincelles externes.

Dans le type de la figure 1 l'un des pôles A se trouve à l'extrémité d'un long support en ébonite AM, et la distance explosive extérieure est donnée par la longueur de ce support augmentée de la hauteur du vase de verre V avant d'arriver à la base F de la colonne métallique G en communication avec la borne B. Dans le type de la figure 2 le pôle A est en contact métallique avec la feuille d'étain extérieure du fond du vase V, ce qui diminuerait la distance explosive représentée par la longueur de la colonne AM (fig. 1). En compensation la colonne G de la figure 2 est en ébonite, et suivant son axe est encastré un tube métallique portant à sa partie supérieure le système de suspension S et inférieurement le cylindre métallique C, réduit à un faible diamètre de manière à parer à la production d'une étincelle latérale entre la paroi cylindrique du vase V et lui. Le tube métallique livre d'ailleurs passage au fil métallique de suspension du petit plateau P.

Malgré les faibles dimensions de l'appareil, les proportions relatives des bras de leviers qui constituent l'équipage mobile et les masses mises en œuvre permettent de réaliser des forces attractives considérables. L'action oxydante de l'ozone qui se produit à ces tensions élevées oblige d'ailleurs à vernir sérieusement ou dorer les pièces et poids métalliques employés.

Le vase de verre est fixé sur un escabeau T en bois bien séché et imprégné de paraffine de manière à assurer un excellent isolement. Dans ces conditions les deux pôles restent parfaitement isolés. La hauteur de l'escabeau est réglée de telle sorte que, reposant sur le sol, il mette l'échelle à la hauteur de l'œil.

Quant au tarage de ces appareils, voici comment on y procède : supposons qu'on ait à sa disposition une source de force électromotrice suffisante, mais pas de voltmètre étalon de cette portée. On peut recourir aux artifices ci-dessus indiqués, tels que l'emploi de plusieurs condensateurs en série, sur un desquels on branchera, en dérivation, le voltmètre électrostatique. On mesurera alors la capacité individuelle de ces condensateurs et celle du voltmètre en question. Celle-ci varie suivant la position du plateau (ou de l'aiguille) mobile, aussi bien que suivant la force électromotrice y appliquée. Il suffira, en général, de vérifier que cette capacité est négligeable par rapport à celle du condensateur sur laquelle est branché l'instrument; mais on peut aussi la mesurer pour divers points de l'échelle.

Soit, par exemple, un voltmètre multicellulaire de Kelvin pour 200 volts. Mettons-le en circuit avec une force électromotrice alternative et un électro-dynamomètre sensible. Soit C_1 la capacité de l'instrument sous une tension U_1; I_1 l'intensité du courant de charge qui le traverse, et $1/T$ la fréquence; on a

$$I_1 = \frac{2\pi}{T} C_1 U_1 = \omega C_1 U_1.$$

On peut mesurer directement I_1 à l'aide d'un électrodynamomètre à miroir et en déduire C_1 correspondant à la tension U_1 que supporte le voltmètre électrostatique. On peut encore procéder de la manière suivante : on met en circuit avec la source de force électromotrice une résistance non inductive élevée, de valeur connue R (résistance en trait fait au graphite), et le voltmètre (fig. 3). La tension totale U de la source se répartit en U_1 aux extrémités de R et en U_2 dans le voltmètre. Aux extrémités de la résistance R on a une différence de potentiel $U_1 = IR$, où I est le courant qui passe dans le circuit; on a, de même, une différence de potentiel $U_2 = \frac{I}{\omega C_2}$ aux bornes

du condensateur de capacité actuelle C_2; mais U_1 et U_2 sont en quadrature, et dès lors $U^2 = U_1^2 + U_2^2$.

En éliminant U_1 et I entre ces équations, on obtient la valeur de C_2 pour la différence de potentiel U_2 indiquée.

On peut aussi relier en série l'instrument et un petit condensateur de capacité connue et charger le tout à une

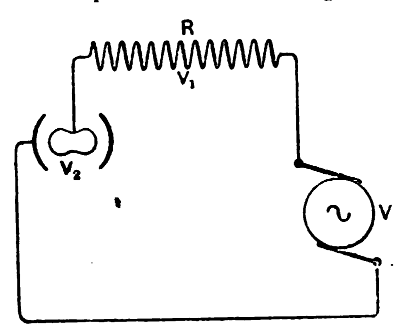


Fig. 3.

différence de potentiel donnée, en consignant alors la tension marquée par le voltmètre.

Ces méthodes sont cependant un peu délicates. Quand on a un bon transformateur, de puissance notable, de telle sorte que les phénomènes secondaires dus aux effluves et aux capacités propres et externes soient négligeables, on utilise cette propriété que la force électromotrice secondaire, à circuit ouvert, du transformateur est égale à la force électromotrice primaire multipliée par le rapport de transformation. L'instrument étant alors bien équilibré, on fait avec un poids f, une série de mesures en notant les déviations δ_1, δ_2, ... pour les tensions U_1, U_2, ..., et on en construit la courbe correspondante, puis avec un autre poids F, on obtient les déviations Δ_1, Δ_2, ..., pour les tensions U'_1, U'_2, ..., et on en porte également les valeurs sur la courbe ci-dessus. Si l'on fait alors les rapports $\frac{U'}{U} = K$ correspondant à une même déviation, ce rapport K doit être constant et égal à la racine carrée du rapport des poids mis en œuvre :

$$\sqrt{\frac{F}{f}} = \frac{U'}{U} = K.$$

On a ainsi le double contrôle que l'instrument était bien équilibré et que les tensions secondaires sont réellement celles calculées d'après les primaires. Si, en effet, il y a des pertes dans le transformateur, elles se manifestent spécialement aux tensions plus élevées, et la constance du rapport est un indice de l'inexistence de ces pertes.

La construction de ce genre d'appareils sur une échelle non industrielle, en raison de la variété des types, rend difficile de se procurer des vases de verre de dimensions convenables pour éviter les étincelles internes. On obvie à cet inconvénient en recouvrant entièrement d'ébonite (fig. 1, c) le plateau fixe, de manière à allonger la distance explosive dans l'huile. Dans ces conditions l'appareil fonctionne comme un condensateur à deux diélectrique différents, et l'ébonite, dont la constante diélectrique est inférieure à celle de l'huile, absorbe une fraction de la tension supérieure à celle que comporterait la même épaisseur de liquide. Sa rigidité électrostatique est d'ailleurs aussi beaucoup plus grande que celle de l'huile.

L'emploi simultané de plusieurs diélectriques différents ou d'un seul diélectrique autre que l'air peut donner lieu à de légères erreurs, par suite de ce que la capacité spécifique inductive de ces diélectriques n'est pas absolument indépendante de la fréquence. Aussi ne peut-on pas employer ces appareils avec des fréquences très différentes de celle à laquelle ils ont été étalonnés. E. B.

LA
TRACTION PAR COURANT ALTERNATIF SIMPLE
ET SES APPLICATIONS

La traction à courant alternatif simple a fait l'objet d'une émulation louable de la part de tous les constructeurs, et c'est à qui d'entre eux réalisera le plus d'installations de ce genre.

Parmi les plus connues et les plus nombreuses sont celles de la Compagnie Westinghouse, qui représentent déjà, ainsi qu'on va le voir, une importante contribution à l'étude pratique de la traction à courant alternatif simple.

Nous énumérerons ces installations, en en définissant l'emploi par quelques chiffres, et en indiquant les conditions dans lesquelles chacune est réalisée.

Pour commencer par les conditions communes à toutes, nous ferons observer que la fréquence du courant alternatif employé est partout 25 périodes par seconde. Le gabarit de la voie est presque partout le gabarit normal, sauf pour la ligne italienne de Roma Civita Castellana, qui sera à voie de 1 m.

La tension appliquée aux moteurs est partout 250 volts, et toutes les voitures sont alimentées par trolley aérien, dont la tension varie de 600 à 6000 volts.

Certains tracteurs sont du type locomotive, d'autres du type voitures automotrices. Les uns sont commandés par contrôleurs, les autres par contacteurs du genre de ceux qui servent à la commande à unités multiples.

Comme un certain nombre d'installations, non encore réalisées, ont du moins été étudiées complètement et que leur réalisation est en cours, nous les comprenons dans la liste ci-dessous.

L'expérience a commencé par les États-Unis, à Pittsburgh, sur la ligne desservant les usines Westinghouse, ligne mise en service en 1902.

Puis sur la ligne d'Indianapolis à Cincinnati, mise en service le 30 décembre 1904.

Ensuite la Société anglaise Westinghouse de Manchester

a suivi cet exemple en 1905 en créant une ligne destinée à desservir ses usines.

Puis en mars 1905, est venue la *Westmoreland County Railway C°*, et enfin une série de lignes non encore en service, mais qui le seront bientôt :

Roma à Civita Castellana. — Bergamo à Valle Brembana. — Vallejo, Benecia et Napa Valley (Californie). — Atlanta Northern. — Warren et Jamestown Street (New-York). — Fort Wayne et Springfield. — Philadelphia, Coatesville et Lancaster. — Sheboygan et Elkhart Lake. — Long Island. — Enfin les chemins de fer de l'État suédois.

Les conditions générales de chacune des installations sont les suivantes :

La *ligne de Pittsburg*, mise en service en 1902, a une longueur de 8 km. La tension de fonctionnement est de 3300 volts à courant alternatif, les voitures sont des automotrices comportant 4 moteurs de 56 kw à 250 volts, et la commande de ceux-ci est faite par contacteurs.

La ligne *Indianapolis and Cincinnati Railway*, mise en service le 30 décembre 1904, a une longueur de 65 km, une rampe maxima de 4 pour 100. La tension de fonctionnement peut être 550 volts sous courant continu, 3300 volts sous courant alternatif, les voitures sont également des automotrices comportant 4 moteurs de 56 kw à 250 volts, et la commande de ceux-ci est faite par contacteurs, aussi bien à courant alternatif qu'à courant continu.

La ligne des *British Westinghouse Works*, Manchester, a été inaugurée en janvier 1905 et offre une longueur de 17 km, une courbe de rayon maximum de 90 m. La tension de fonctionnement est de 3000 volts, courant alternatif, et les voitures comportent 4 moteurs de 75 kw à 250 volts. Le poids des voitures est de 36 tonnes à vide, et la commande est faite par contrôleurs.

La *Westmoreland County Railway C°*, ouverte à l'exploitation le 7 mars 1905, a une longueur de près de 9 km, une tension de 1200 volts, et les voitures comportent 4 moteurs de 38 kw, la commande en est faite à la main par contrôleurs.

La *Fort Wayne, Decatur, and Springfield Railway*, non encore ouverte à l'exploitation, a une longueur de 35 km, une tension de fonctionnement de 6600 volts courant alternatif, les voitures comportent 4 moteurs de 56 kw à 250 volts, et la commande de ceux-ci est faite par contacteurs.

La *Warren and Jamestown Street Railway*, non encore en exploitation, a une longueur de 35 km également, une tension de 3300 volts, et les voitures comportent 4 moteurs de 38 kw à 250 volts.

La *Roma Civita Castellana Railway*, non encore en exploitation, a une longueur de près de 53 km, une rampe maxima de 7,2 pour 100, une courbe de rayon de 15 m, la tension est de 6000 volts pour 48 km et de 600 pour le reste; les voitures comportent 2 moteurs de 30 kw à 250 volts. Les automotrices pèsent 12 tonnes en charge et les remorques 8 tonnes. La vitesse maxima est de 35 km à l'heure.

La *Philadelphia, Coalsville and Lancaster Passenger Railway* a une longueur de 35 km, et aura probablement une tension de 3300 volts; les voitures comporteront 4 moteurs de 38 kw à 250 volts, la commande en sera faite à la main par contrôleurs.

La ligne *Altanta Interurban Railway*, également d'une longueur de 35 km, a une tension de 2200 volts, et les voitures comportent, les unes 4 moteurs de 50 chevaux, les autres 4 moteurs de 56 kw à 250 volts, commandés à la main par contrôleurs.

La *Sheboygan-Elkart Railway and Electric C°* a une longueur de 48 km, et les voitures comportent 4 moteurs de 38 kw à 250 volts, commandés à la main par contrôleurs.

Le *Long Island Railway* a une longueur de 16 km, une tension de 2200 volts, et ses voitures sont des automotrices comportant 2 moteurs de 38 kw à 250 volts, commandés à la main par contrôleurs.

Le *Villejo, Benico and Napa Valley Traction C°* a une tension de 3300 volts, et aura des voitures comportant 4 moteurs de 38 kw, et d'autres comportant 4 moteurs de 56 kw à 250 volts, la commande est faite par contacteurs.

L'*Administration des chemins de fer de l'État suédois* a également en essais une locomotive de 224 kw, d'un poids de 25 tonnes, et dont les données générales sont les suivantes : Les roues motrices ont un diamètre de 1,04 m et chacun des 2 essieux porte un moteur à courant alternatif simple de 112 kw, attaquant l'essieu par engrenages, de rapport de réduction 18 : 70.

Les trains à remorquer ont un poids de 70 tonnes et une vitesse de 64 km à l'heure. Les moteurs fonctionnent sous 250 volts et la tension peut être, pour le réglage, abaissée de 18 000 volts à 3000 volts. La commande des appareils de réglage se fait par l'air comprimé, fourni au moyen d'un compresseur mû par moteurs à courant alternatif simple et monté sur la locomotive.

Le *Bergamo, Valle Brembana Railway* a une longueur de près de 30 km, une tension de 6000 volts, et la locomotive comporte 4 moteurs de 56 kw. Son poids est de 30 tonnes et la commande est faite par contacteurs.

MESURE RAPIDE DE LA RÉSISTANCE

DES

JOINTS DE RAILS DE TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

Tout le monde sait aujourd'hui que, dans les installations de tramways électriques à fil aérien, on emploie les rails comme conducteur de retour, soit en parallèle avec

un câble spécial, soit sans un autre conducteur; mais on doit, dans ce dernier cas, prendre des précautions spéciales pour que les rails ne présentent pas de résistance notable aux joints.

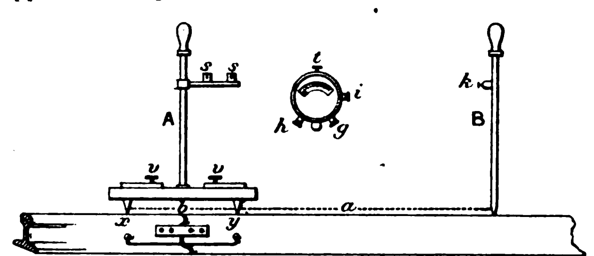
Dans ce but on relie les rails entre eux par des fils de cuivre; mais comme, d'une part, ils sont enfouis dans le sol et qu'on ne peut les vérifier facilement, et que, d'autre part, à la suite des trépidations, ces connexions deviennent moins efficaces, il devient indispensable de mesurer de temps en temps, au moins approximativement, la résistance des joints.

MM. Siemens et Halske ont combiné dans ce but un appareil qui parait très pratique, en ce sens qu'il permet de comparer en marche en utilisant courant de travail la résistance du joint avec la résistance d'un bout de rail continu ; à l'aide d'un calcul simple, on obtient ensuite en ohms la valeur de cetté résistance.

La comparaison se fait très rapidement à l'aide d'un voltmètre différentiel qui ne donne aucune déviation lorsque ses deux enroulements sont sur des tensions égales, ou bien lorsqu'un même courant circule sur des résistances égales aux bornes desquelles il est branché.

Étant donnée la très faible valeur des résistances comparées, il faut que le voltmètre soit extrêmement sensible ; il doit être aussi très maniable pour pouvoir être employé sans difficulté sur la ligne ; il faut enfin également un dispositif pratique pour faire la mesure sur le rail.

L'appareil se compose d'une plateforme isolante portant deux contacts x et y montés sur glissière que l'on peut écarter plus ou moins, de façon à les faire porter de part et d'autre du joint. Une tige centrale A sert à soulever l'appareil; elle porte en outre une petite tablette destinée



à recevoir le voltmètre et munie de deux contacts ss en communication respective avec les points x et y. L'appareil comprend en outre une tige de contact B en forme de canne que l'on promène sur le rail pour faire la mesure; une borne k la relie au voltmètre par un fil souple.

Le voltmètre est un petit galvanomètre à cadre mobile et à aimant fixe dont les indications sont sensiblement indépendantes des courants intenses qui peuvent circuler dans le voisinage. La bobine est suspendue par deux rubans fins en bronze tendus par deux ressorts à spirale. Ces ressorts servent à amener le courant à chacune des bobines, un troisième ressort spiral sert de point commun à la fin de l'une des bobines et au commencement de l'autre. Sur la boite on a disposé trois bornes h, g, i correspondant à ces trois arrivées de courant.

Afin de pouvoir transporter l'appareil facilement, sans fatiguer la suspension, il est, à cet effet, muni d'une vis moletée placée en dessous; enfin un poussoir t sert à fermer le circuit au moment de la mesure.

Les deux bornes h et g viennent se fixer sur les deux fourches ss, elles entrent alors en communication avec les points x et y; la borne i est reliée par un fil souple à la borne K de la tige B. Notons enfin que l'échelle de l'instrument, divisée en millivolts, est mobile, afin d'amener le zéro exactement en coïncidence avec l'aiguille lorsque aucun courant ne traverse l'appareil.

Les mesures peuvent être faites soit pendant la marche, avec le courant essentiellement variable qui parcourt la voie, soit pendant les arrêts avec un courant constant.

Dans le premier cas les pièces de contact x et y de de l'appareil A sont placées à une certaine distance l'une de l'autre, soit environ 0,75 m et maintenues solidement en place en serrant les vis $v\,v$. Cette distance doit correspondre à peu près à la longueur du fil de cuivre du joint. On fixe ensuite le voltmètre sur la tablette, on libère la suspension et on met l'échelle au zéro. On pose ensuite l'appareil A sur le rail au-dessus d'un joint de façon à ce que les pièces x et y soient bien en contact avec le rail et on attend que le rail soit parcouru par un courant assez intense donnant sur le voltmètre une déviation bien visible. On pose alors la seconde tige B reliée à la borne i à environ 4 m de distance sur le rail de façon à avoir également un bon contact; si à ce moment on obtient une déviation de sens inverse, le joint du rail est bon ; dans le cas contraire. il doit être considéré comme mauvais.

Pour mesurer la résistance, on déplace la tige B sur le rail jusqu'à ce que le voltmètre n'accuse aucune déviation appréciable. Soit a la distance entre les pièces de contact B et y, et b la distance entre x et y, le joint de rail aura une résistance correspondant à une longueur de rail de $a - b$.

On peut écrire, en tenant compte de leur résistivité et de leur densité, que la résistance linéaire des rails ordinaires est en ohms par mètre

$$(R/l) = 0{,}25 \cdot \frac{1}{(M/l)} \cdot 10^{-3} \text{ ohms:m},$$

ormule dans laquelle (M/l) est la masse linéaire du rail en kilogrammes par mètre; si donc a et b sont exprimés en mètres, la résistance du joint mesuré sera en ohms :

$$R = 0{,}25 \cdot \frac{a-b}{(M/l)} \cdot 10^{-3} \text{ ohms}.$$

Comme la masse linéaire est connue, on aura très rapidement la résistance en ohms ou le plus souvent en fractions d'ohm ; mais en pratique on se contente comme indication de la longueur de rail qui a la même résistance que le joint.

Si on veut faire la mesure avec un courant constant de 50 ou de 100 ampères, on procédera d'une façon plus simple sans la seconde tige B; dans ce cas un seul opérateur suffira. On placera l'appareil A sur un bout de rail

continu dans le voisinage du joint, on observera la déviation en appuyant sur le poussoir du voltmètre, puis on placera l'appareil sur le joint et on lira la nouvelle déviation ; si cette dernière est au maximum trois ou quatre fois plus grande que la première, le joint de rail est bon. Dans certains cas au contraire on observe sur le joint une déviation *plus petite* que sur un rail continu voisin, cela tient à ce que, grâce au fil de cuivre, la conductibilité au joint de rail est meilleure que celle du rail continu. A. Soulier.

L'ÉLECTROLYSE DE L'EAU

ET SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Cette industrie toute nouvelle a pris depuis peu une si rapide extension qu'il est intéressant d'envisager les applications multiples et imprévues qu'elle permet de concevoir et qu'elle a déjà réalisées en partie. Nous sommes loin en effet du voltamètre classique à eau acidulée, et aujourd'hui l'électrolyseur pratique est un appareil massif auquel il est possible d'appliquer de fortes intensités, c'est-à-dire capable de libérer un nombre respectable de litres de gaz à l'heure. D'autre part les solutions acides avec électrodes en plomb ont fait place aux électrolytes alcalins avec anodes en fer; on a constaté en effet que, dans le premier cas, l'oxygène était fortement ozonisé, ce qui peut être un inconvénient pour certaines applications.

Les premiers appareils industriels sont sans nul doute ceux du colonel Renard et du russe Latchinov (1888); longtemps on se contenta de ces premiers types, les applications des gaz oxhydriques étant à peu près limitées à l'aérostation pour l'hydrogène et aux inhalations médicales pour l'oxygène. Puis, peu à peu, le chalumeau oxhydrique fit davantage parler de lui et, lorsqu'on découvrit son application à la soudure autogène des métaux, alors naquirent de nouveaux électrolyseurs; les deux plus connus sont : l'électrolyseur Schuckert [1] de 600 ampères, contenant 50 litres d'une solution de soude caustique à 15 pour 100, absorbant 2,8 volts et libérant à l'heure 220 litres d'hydrogène pour 100 litres d'oxygène, et l'électrolyseur Schmidt, présenté par son auteur à la 7e assemblée de la Société électrochimique allemande [2], qui absorbe 2,5 volts, et libère par kilowatt-heure 168 litres d'hydrogène pour 84 litres d'oxygène (54 pour 100 seulement de la théorie). Dans l'esprit de M. Schmidt, la principale application de l'hydrogène devait être la lumière par incandescence au moyen d'un nouveau brûleur à hydrogène (bec Welsbach), dans lequel ce gaz arrive à la pression de 0,5 kg:cm², et dont la consommation est de 25 litres par 100 bougies-heure. A l'appui de ses dires, l'auteur établissait un curieux parallèle entre l'hydrogène et l'acétylène d'une part, l'hydrogène et l'éclairage électrique par incandescence d'autre part : 1 kilowatt-heure fournit 160 g de carbure de calcium environ, lequel produit 48 litres d'acétylène qui donnent pendant 51 heures une intensité lumineuse de 30 carcels; avec le bec Welsbach, les 168 litres d'hydrogène recueillis par kilowatt-heure donnent la même intensité lumineuse pendant 80 heures; exprimé en bougies-heure, l'équivalent du kilowatt-heure serait, dans ces conditions, de 672, tandis que la même quantité d'énergie utilisée dans des lampes Nernst, c'est-à-dire avec 1,5 watt par bougie seulement, ne donne que 666 bougies-heure. Le prix de revient du carcel-heure hydrogène est de 0,025 centime contre 0,059 centime pour le carcel-heure acétylène, et cette supériorité compense certainement l'inconvénient provenant du fait qu'à éclairement égal l'appareil est 7 ou 8 fois plus lourd à transporter avec l'hydrogène comprimé qu'avec le carbure de calcium. Ajoutons toutefois que si cet emploi du gaz hydrogène se développait, l'on serait obligé d'ajouter un gaz odorant, afin de déceler facilement les fuites, causes possibles d'explosions.

Pour en revenir aux électrolyseurs, ces divers appareils présentent le grave inconvénient d'exiger en fonctionnement normal 3 volts environ, alors que la f. é. m. de décomposition de l'eau est de 1,49 v; la différence est absorbée pour vaincre la résistance intérieure, rendue très élevée par la présence d'un diaphragme. C'est qu'en effet, la décomposition de l'eau, si simple en principe, se complique au point de vue industriel de la condition essentielle suivante : *parfaite séparation des deux gaz*. Dans ce but, il faut fatalement intercaler un diaphragme qui doit être à la fois perméable à l'électrolyte, imperméable aux gaz et aussi peu résistant que possible. Là réside toute la difficulté, et l'on a épuisé sans grand succès toutes les matières ordinairement employées dans ce but en électrolyse. C'est alors que M. Pompeo Garuti, physicien italien, fut amené par ses expériences à employer un diaphragme métallique, c'est-à-dire le diaphragme idéal puisque sa résistance est faible et sa pénétration aux gaz rigoureusement nulle. Cette conception du *diaphragme métallique* paraissait en contradiction absolue avec les théories admises de l'électrolyse, et c'est pourquoi aucun des prédécesseurs de M. Garuti n'avait songé à s'y arrêter. Nous savons en effet que, si dans une cuve électrolytique on interpose une lame métallique, cette lame se comportera comme électrode bipolaire, c'est-à-dire anode sur l'une de ses faces et cathode sur l'autre; en un mot, les choses se passent comme si l'on se trouvait en présence de deux cuves au lieu d'une, et la tension est sensiblement doublée. Mais ceci ne sera vrai que si la lame métallique constitue une cloison *étanche*; si elle ne couvre pas *entièrement* la section transversale de l'électrolyte, une partie du courant pourra passer par

(1) *Electrical Review*, New York, 4 janvier 1902.
(2) *Zeitschrift für Elektrochemie*, 15 nov. 1900, et *Electricien*, 2 février 1901.



l'électrolyte lui-même et la lame sera susceptible, dans certaines conditions, de fonctionner comme diaphragme. Ces conditions ont été définies notamment dans le mémoire de Bancroft, lu au second Congrès de l'*American Electrochemical Society* (1), dans lequel il constate que la répartition du courant est naturellement proportionnelle à la résistance des surfaces transversales de la lame métallique et de la lame d'électrolyte que rencontre le courant, et tout récemment par Brochet (2), qui assigne au bon fonctionnement d'un diaphragme métallique les quatre conditions suivantes : 1° faible diamètre de perforation; 2° perforations aussi nombreuses que possible; 3° faible épaisseur de la lame; 4° bonne conductibilité de l'électrolyte. Les propriétés des lames métalliques employées comme diaphragme sont donc aujourd'hui bien déterminées, mais c'est toutefois à Garuti que revient la priorité en cette matière, puisque ses travaux remontent à 1890 et son premier brevet à 1892. Notons à ce sujet une erreur assez grossière qui s'est glissée dans l'une des monographies électrotechniques bien connues de W. Knapp, l'éditeur du *Zeitschrift für Elektrochemie*, et intitulée : *Die Electrolyse des Wassers*. Son auteur, Engelhardt, attribue la paternité du diaphragme métallique à M. del Proposto, inventeur, lui aussi, d'un électrolyseur à eau où, entre autres particularités, les électrodes sont constituées par des feuilles minces d'acier roulées en spirale; or, le travail de M. del Proposto date seulement de 1897, aussi le fait fut-il rectifié par M. Jottraud (3), directeur de la Société exploitant en Belgique les brevets Garuti e Pompili.

Les procédés et l'électrolyseur Garuti ont été décrits ici même (4), avec suffisamment de détails pour qu'il soit inutile d'y revenir; d'importantes usines furent montées à Rome et à Bruxelles ; on en trouvera la description dans la Conférence de M. Buffa, à la séance du 29 avril 1900 de la Société des Ingénieurs de Montefiore (5); d'autres installations furent faites à Schiedam (Hollande), à Lucerne, et aujourd'hui l'oxygène et l'hydrogène électrolytiques sont fabriqués en France par la Société « L'Oxhydrique française » dans l'usine de Montbard (Côte-d'Or). Nous avions bien déjà quelques usines d'hydro-électrolyse, notamment celle de M. R. Lavigne, à Oloron-Sainte-Marie (Pyrénées-Orientales), qui s'est fait une spécialité d'oxygène chimiquement pur par électrolyse de l'eau distillée, et une autre plus récente, installée par M. Juppont, de Toulouse, à Valentine, près Saint-Gaudens, mais elles sont de minime importance, eu égard à l'extension qu'a prise l'industrie des gaz oxhydriques.

L'usine de Montbard renferme une batterie de 49 éléments Garuti montés en série et absorbant 500 ampères sous 90 à 100 volts; les appareils entièrement en tôle sont hermétiquement clos et soudés autogènement dans ce but; l'on n'a donc pas à craindre la carbonatation de la solution de potasse, qui sert d'électrolyte, c'est-à-dire que la même quantité de potasse peut servir presque indéfiniment; l'entretien et la surveillance sont eux-mêmes réduits à leur plus simple expression, et la seule main-d'œuvre réside dans le renouvellement de l'eau des électrolyseurs; la production moyenne est d'environ 1 m^3 de gaz par 4 kilowatts-heure; des électrolyseurs, les gaz oxhydriques sont conduits à leurs gazomètres respectifs par une canalisation en fer soudée autogènement : les joints étant supprimés, on a également supprimé les fuites. Le diaphragme métallique n'étant pas perforé hors du liquide, il n'y a pas à craindre de mélange des gaz; le seul risque de ce genre proviendrait donc du passage de bulles de gaz au travers des perforations. Par mesure de sécurité, on procède à de très fréquentes analyses de gaz, soit chimiquement par la méthode de Hempel au moyen de la liqueur ammoniacale de cuivre, soit physiquement au densimètre de Winssinger, dit « balance aérostatique », qui fournit des indications continues. Enfin, dans le but de les livrer à l'industrie, les deux gaz sont comprimés à à la pression de 150 kg:cm^2 dans des bouteilles en acier étiré sans soudure; la contenance de ces récipients est de 300 litres à 7 m^3, et leur poids de 9 à 10 kg par m^3 de gaz emmagasiné.

Sans nous arrêter aux multiples emplois des gaz oxhydriques : lumière, émaux, rubis artificiels, etc., nous considérerons seulement ce qui intéresse l'industrie, plus particulièrement l'industrie électrique, c'est-à-dire l'application des hautes températures à la soudure autogène des métaux. Les hautes températures sont aujourd'hui à l'ordre du jour, et les moyens plus ou moins faciles de les créer commencent à devenir nombreux : l'arc électrique, dont la température dépasse 3000°; la thermite Goldschmidt, approximativement 3000°; le gaz d'eau brûlant à l'air sans adjonction de gaz comburant, 1800°; le chalumeau oxyacétylénique, 4000° ; enfin le chalumeau oxhydrique, 2500°. Dans notre cas, le choix du mode de production devra s'inspirer des deux qualités essentielles sans lesquelles la soudure autogène perdrait de son intérêt, à savoir : 1° température facilement réglable, et ce, d'une façon connue, dans le but de souder convenablement des métaux ayant leurs points de fusion très différents; 2° matériel facilement transportable et peu encombrant, dans le but de faire l'application en un point quelconque de l'installation sans être conduit à de trop grandes longueurs de fils ou de tuyaux. La température de l'arc électrique est peu facile à régler; le gaz à l'eau, qui a pris une extension extraordinaire en Allemagne, où les travaux de rivetage dans la grosse chaudronnerie commencent à être remplacés par la soudure autogène, ne peut convenir que pour de grandes applications, puisqu'il nécessite l'installation d'un gazogène; la thermite, qui réalise l'idéal en matière de transport, a l'inconvénient de nécessiter des moules s'appliquant seulement à des pièces de forme invariable; enfin le chalumeau oxyacétylénique exige la présence d'un appa-

(1) *Electrochemical Industry*. Philadelphie, 9 mai 1903.
(2) *Éclairage électrique*, 25 avril 1903.
(3) *Bull. de la Soc. belge d'électriciens*, déc. 1902.
(4) *Industrie électrique*, 25 nov. 1900.
(5) *Bull. de l'Assoc. des ingén. électr. de l'Inst. électrotech. de Montefiore*, 30 sept. 1900.

reil producteur d'acétylène [1] qui peut ne pas être très commode à manier, mais qui surtout possède l'inconvénient d'exiger une déclaration à notre bienheureuse administration [2].... et il est inutile d'insister davantage à ce sujet; d'autre part, l'acétylène est beaucoup trop riche en carbone et le métal a toujours tendance à se carburer, c'est-à-dire à devenir cassant : il faut recourir à la soudure si l'on veut égaliser les tensions intérieures. Reste le chalumeau oxhydrique : tout le matériel se réduit à 2 tubes d'acier, il est donc facilement transportable; mais dans le chalumeau oxhydrique tel qu'on le connaît classiquement, c'est-à-dire constitué par deux tubes concentriques, les deux gaz ne se mélangeant qu'extérieurement au chalumeau, il ne saurait convenir qu'imparfaitement au but proposé.

La flamme, en effet, se composera de trois régions distinctes : la partie extérieure oxydante, la partie moyenne neutre et la partie intérieure oxydante également, puisque l'oxygène arrive par le tube intérieur, il en résulte que si l'on approche trop l'extrémité du chalumeau de la pièce à souder, les molécules d'oxygène seront projetées et oxyderont énergiquement le métal fondu; il n'y aurait donc que la région moyenne de la flamme qui conviendrait parfaitement, mais si l'on considère que cette région représente moins d'un demi centimètre-carré de surface, il devient délicat d'effectuer une bonne soudure, c'est-à-dire d'éviter la formation d'une pellicule d'oxyde.

Dans les chalumeaux modernes on obtient une flamme de composition sensiblement uniforme par le mélange préalable et le brassage des deux gaz à l'intérieur même du chalumeau. Cette idée, qui aurait pu paraître autrefois hardie et même dangereuse, est basée cependant sur un principe infiniment simple inspiré par les travaux de MM. Le Châtelier et Mallard sur les vitesses de transmission de la flamme dans les mélanges explosifs gazeux. Il a été démontré que cette vitesse est constante pour une même composition du mélange et une même section transversale, et de plus parfaitement mesurable : dès lors, si l'on donne au mélange une vitesse d'écoulement supérieure à la vitesse de propagation de la flamme, il n'y aura plus naturellement aucun danger et l'on n'aura pas à craindre les rentrées de flamme que les toiles métalliques et diaphragmes poreux imaginés jusqu'ici, ne préviennent qu'imparfaitement. De plus, par ce moyen la température de la flamme se réglera admirablement : il suffit, en effet, de changer le rapport des volumes gaz; la température maximum est atteinte évidemment lors du rapport théorique $2H + O$, et la température minimum pour un fort volume d'hydrogène eu égard à un faible volume d'oxygène. Le tableau suivant donne approximativement la température nécessaire pour la soudure autogène des différents métaux et le rapport des volumes des gaz à mélanger pour obtenir cette température.

Métal.	Température en degrés C.	Proportion des gaz en volume. H	O
Plomb	400	40	1
Laiton	800	11	1
Cuivre	1100	8	1
Acier	1450	5	1
Fer	1600	4	1
Platine	1805	3	1
Température maxima	2150	2	1

Pour la soudure, comme du reste dans la métallurgie du métal lui-même, il importe de ne point surchauffer, de ne point « brûler » le métal; or, 1450° suffisent pour l'acier par exemple, et l'on conçoit que l'inconvénient de la surchauffe soit inévitable avec des températures de 5000° comme avec l'arc électrique et à plus forte raison de 4000° comme avec le chalumeau oxyacétylénique.

Examinons maintenant les diverses applications intéressant l'industrie électrique; dans la station centrale, le chalumeau est l'outil précieux par excellence pour les réparations rapides, dès l'instant où il est aisément transportable : l'on peut refaire de toutes pièces une dent cassée à un engrenage, rectifier un trou ovalisé ou recharger un arbre usé, reboucher les fentes ou les criques qui peuvent apparaître aux tubes de chaudière, etc., et tout cela *sans démontage*. Le percement d'un trou d'homme dans une chaudière en construction se fait de la façon suivante : On commence par envoyer un dard de chalumeau sur un point de la partie à découper, un trou ne tarde pas à s'y produire par suite de la fusion du métal. On ferme alors l'arrivée d'hydrogène et on maintient seul le jet d'oxygène, le trou reste incandescent et en avançant de proche en proche on arrive à découper le métal très facilement, le fer brûle au contact de l'oxygène et la température atteinte est suffisante pour faire fondre la partie voisine qui brûle à son tour et ainsi de suite. Les tuyauteries de vapeur auront tout avantage à voir leurs joints supprimés et les brasures remplacées par la soudure autogène; c'est qu'en effet, la brasure tend à la longue à se transformer en une éponge de cuivre peu résistante, par suite de la dissolution du zinc à l'état de sel organique sous la double influence du couple voltaïque Zn — Cu et des acides des huiles de graissage, qui surtout dans les machines à condensation sont entraînés facilement.

Citons un accident au collecteur de vapeur survenu dans une centrale de tramways qui aurait nécessité le remplacement de la pièce, c'est-à-dire un démontage et remontage arrêtant la station pendant le restant de la journée : la fuite bouchée au chalumeau, sur place, donc sans démontage, demanda moins d'une heure, et la mise en route put s'effectuer immédiatement.

La traction électrique est redevable au chalumeau d'un mode d'éclissage électrique des plus économiques; le « chicago bond » ordinaire qui exige le perçage préalable des deux rails, puis l'introduction à force d'une aiguille d'acier est remplacé par soudage direct du fil ou câble de cuivre sur le rail simplement décapé au burin; à 1100 °C, l'acier du rail est chauffé à blanc et le cuivre

(1) *Génie civil*, 23 mai 1903.
(2) *Journal de l'électrolyse*, 15 juin 1903.

fond de sorte qu'il y a pénétration intime des deux métaux et soudure très résistante mécaniquement et peu résistante électriquement. Les tramways nogentais ont expérimenté ce nouveau genre de connexion. De même, la soudure des fils de trolley s'effectuera dans des conditions plus rationnelles.

Actuellement, l'on soude au moyen d'une soudure à base d'argent, cuivre, zinc et étain, les deux extrémités étant taillées en biseau et chauffées au rouge au chalumeau à gaz soufflé ou au coke : le chauffage porte donc sur une certaine longueur, ce qui recuit le fil profondément et abaisse la résistance à la traction dans la région de la soudure; par l'emploi du chalumeau oxhydrique l'on peut souder bout à bout, et le chauffage étant pour ainsi dire instantané, le métal n'a pas le temps de se recuire; d'autre part, l'on pourra employer une soudure bien moins fusible, constituée uniquement d'argent et de cuivre, ne diminuant pas la conductibilité.

Enfin, dès que les conducteurs électriques, fils, câbles ou barres atteignent une certaine dimension, on a avantage à employer la soudure autogène par le fait qu'elle s'effectue en quelques minutes, alors qu'une épissure convenablement faite exige toujours un long temps, et d'autre part, la résistance électrique est minimum puisqu'on aura soudé directement cuivre sur cuivre sans interposition d'une couche d'étain.

En résumé, comme nous venons de le voir rapidement, cette nouvelle industrie, sœur cadette de l'électrochimie, s'annonce comme fertile en progrès futurs. J. Izart.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

La distribution de l'énergie électrique à Londres. — Au grand regret des promoteurs et des personnes intéressées, la troisième lecture de ce bill a été repoussée par le Parlement à cause du manque de temps. Ce résultat pourrait être cité comme un exemple du peu de travail utile qu'arrive à faire la Chambre des communes anglaise qui peut être considérée comme une machine dont le rendement décroît constamment. L'affaire est très sérieuse, parce que les promoteurs ont dépensé entre 1 million et 1 250 000 fr pour les frais d'avocats, les agents, les témoignages, etc. Ce mauvais résultat est dû en partie à la façon dont on a déposé ce bill. Il n'a pas été rejeté avec raisons valables ou avec de bons arguments, mais par l'opposition systématique de ceux qui n'ont jamais rien fait pour favoriser les entreprises d'électricité à bon marché. Leur principal argument fut pratiquement qu'ils avaient le droit de s'opposer à tout ce qui pouvait incommoder un monopole municipal.

Le résultat immédiat est que l'ouest de Londres, où il n'y a aucune demande immédiate et urgente pour une distribution d'énergie électrique a été l'objet d'une autorisation pour l'installation d'une distribution, tandis que les endroits où la demande est pressante sont forcés de s'en passer.

Accident sérieux à un tramway à Ramsgate. — Il y a quelques jours, un accident sérieux est arrivé à un tramway électrique à Ramsgate. A onze heures du matin, un train descendait la Madeira Road, qui va de l'East Cliff au port. Cette voiture contenait le conducteur et cinq voyageurs. Par suite d'une grande pluie, la route et les rails étaient très glissants, et subitement le tramway est sorti des rails; il a traversé la route, a rompu un garde-fou, et est tombé d'une hauteur de 12 m, au milieu de quelques vieilles maisons, heureusement pas habitées. Un des cinq voyageurs est descendu avant que le car soit tombé, mais les autres sont tombés avec lui. Heureusement les voyageurs, quoique sérieusement blessés, ne furent pas tués.

Le *Board of Trade* a fait une enquête sur cet accident,

La fin de la téléphonie municipale. — A la Chambre des communes, le 9 août dernier, la téléphonie municipale a reçu son congé.

Depuis l'an 1899 seulement, cinq municipalités se sont servies de leur droit d'établir pour leur propre service un réseau téléphonique. On s'est décidé à ne donner aucune nouvelle licence téléphonique municipale et à ne prolonger aucune licence existante. Les cinq municipalités auront la faculté de vendre leurs réseaux au gouvernement, et c'est le mieux qu'elles puissent faire, car elles n'ont jamais exploité avec grand succès.

La fumée des automobiles. — D'après les nouveaux règlements en Angleterre, comme en France, les automobiles seront forcées de ne pas produire de fumée ni de panaches de vapeur; cette décision s'applique à tous les tracteurs mécaniques qui peuvent donner des fumées épaisses ou des vapeurs gênantes. Le secrétaire de l'Automobile-Club a dit qu'il était peu possible de supprimer la fumée, et que l'Automobile Association s'était souvent occupée de ce sujet. On admet que la production des fumées est toujours attribuable à un manque de soin de la part du chauffeur, car cela dépend seulement d'une question de graissage.

Il se pose maintenant une question pour les constructeurs d'automobiles, c'est d'introduire tous les perfectionnements désirables dans leurs voitures, car les chauffeurs ne se soucient guère de se voir dresser des contraventions par suite des fumées que pourraient répandre leurs automobiles.

Les communications téléphoniques. — A la suite des arrangements entre le Postmaster General et la National Telephone C°, de grandes facilités ont été données aux abonnés de ce dernier réseau.

Les clients de la Compagnie auront toutes les facilités accordées aux abonnés des Postes, et on a prévu des

combinaisons pour une inter-communication locale entre les deux réseaux d'abonnés d'une même ville.

Les abonnés de la National Telephone C° à Londres, peuvent se servir des services téléphoniques anglais-français et anglais-belges, aux mêmes conditions que les abonnés du réseau des postes, et tous les bureaux de province pour lesquels la communication est possible ont reçu les mêmes avantages.

L'Exposition électrique d'Olympia. — Les arrangements relatifs à cette exposition seront bientôt conclus, et on nous promet quelque chose de très intéressant.

Dans sa dernière réunion, le Comité s'est décidé de faire son possible pour encourager l'emploi de l'énergie électrique pour la cuisine, et d'offrir des prix avantageux pour le meilleur appareil fonctionnant avec le meilleur rendement. On propose de faire établir des prix : 1° pour la cuisine la mieux installée, et 2° l'appareil simple qui sera le meilleur. En vue d'accorder à tous les constructeurs de batterie de cuisine une facilité égale pour préparer convenablement ce concours, la Commission exécutive s'est décidée d'accepter les offres qui lui seront faites jusqu'au 14 octobre.

La télégraphie sans fil. — On dit que le gouvernement du Natal a refusé une offre de la Compagnie Marconi d'établir une station à Durban, et que probablement une Compagnie particulière en aura l'entreprise. On dit aussi que les bateaux Union-Castle seront équipés avec les appareils de cette Compagnie.

Une station a été équipée sur le système Lodge-Muirhead par la Compagnie du Midland-Railway, en vue d'assurer le service avec son nouveau port.

D'un journal de Birmingham, nous apprenons : l'antenne de réception a une surface de 595 m²; les mâts ont une hauteur totale de 26 m, et sont disposés pour supporter le carré que forme l'antenne. Un nouveau point curieux relatif à cette installation est qu'on ne peut employer aucune communication directe avec la terre.

Le courant qui donne les oscillations au départ est fourni par une petite dynamo à courant alternatif actionnée par un moteur à courant continu, relié aux câbles électriques principaux qui desservent le port. Ce courant est transformé de nouveau à une très haute tension, et le courant transformé est déchargé à travers une série d'espaces d'air.

Jusqu'à présent, on n'utilise le poste que pour le service de la Compagnie, avec une licence du Postmaster General, mais sans doute on étendra son emploi encore plus loin avec le temps. Depuis six semaines, le service a donné grande satisfaction, et on n'a eu aucun retard dans la transmission des messages.

L'Institut polytechnique du Transvaal. — On vient récemment de publier le premier rapport annuel du fonctionnement de cet Institut. On l'a établi pour les années 1903-1904, à la suite d'un rapport fourni par une Commission qui avait été nommée pour examiner comment on pourrait mieux satisfaire les demandes de la colonie au point de vue de l'instruction technique. Lord Milner a nommé une Commission de 11 membres (maintenant portée à 25) comme Comité de direction. On a organisé des cours de mathématiques, chimie, physique, géologie et électro-technique générale. On n'admet pas d'étudiants de moins de 16 ans, pour être assuré qu'ils pourront profiter de l'enseignement qui leur est donné.

L'Institut a commencé ses cours en mars 1904 avec 42 étudiants. Maintenant il y en a 54 dans les cours d'ingénieurs, et le même nombre d'étudiants en droit. Dans la première année, seulement 4 sont venus du Transvaal, maintenant il y en a 21. Il y a 8 professeurs et 4 assistants sans compter le directeur. On a organisé des cours du soir sur plusieurs matières, et 426 élèves y assistent.

Tous les apprentis des usines de chemins de fer de Prétoria qui obtiennent des certificats dans ces cours du soir, peuvent arriver à gagner plus d'argent. On espère avec le temps incorporer ce Collège avec l'Université de l'Afrique du Sud, lorsqu'elle sera un fait accompli.

Une nouvelle ligne de tramways à Erith. — Cette ligne fut inaugurée le 26 août dernier. Elle se trouve dans la banlieue de Woolwich, sa longueur est de 8 km, presque entièrement en voie double, et encore 5 km sont en projet. Bientôt ce réseau sera relié à celui du London County Council pour former une route complète à travers Londres. La largeur entre les rails est de 1,5 m, l'assise de la voie a une profondeur de 15 à 22 cm. Les rails ont une longueur de 18 m, et ils pèsent 45 kg par mètre. La largeur et la profondeur de la gorge est de 2,5 cm.

L'énergie électrique qui alimente cette ligne de tramways vient de la station municipale qui est tout près des usines des tramways.

L'installation consiste en 5 chaudières Lancashire, 2 de Spurr-Juncan, et 3 de Yates et Thom.

Les premières vaporiseront 2718 kg d'eau à une pression de 11 kg par cm². Les dernières sont munies d'appareils de chauffage automatique à l'air comprimé de Bennis et de surchauffeurs de Leyden. Il y a 2 pompes d'alimentation de vapeur et 1 pompe actionnée par moteur. Il y a une installation de condensation de Wheeler, capable de traiter de 9070 kg d'eau par heure. Dans la salle des machines, il y a des machines à grande vitesse compound directement attelées à des alternateurs triphasés qui fonctionnent sous 3000 volts, 50 périodes. 2 convertisseurs rotatifs Westinghouse, chacun de 150 kw ont été installés, ainsi qu'un survolteur négatif de 75 kw.

Les câbles souterrains, installés par la Callender's Cable C°, sont isolés au bitume vulcanisé; ils sont posés dans des conduites en poterie au-dessous de la voie.

C. D.



ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 14 août 1905.

M. ALBERT DOUILHET adresse une Note *Sur la transmission électrique du mouvement à vitesse variable.* (Renvoi à l'examen de M. Maurice Lévy.)

Séance du 21 août 1905.

Sur les lois du frottement de glissement. — Note de M. PAUL PAINLEVÉ. (Voy. les *Comptes rendus.*)

M. D. TOMMASI adresse une Note *Sur une nouvelle lampe électrique de sûreté.* (Renvoi à la section de Physique.)

Séance du 28 août 1905.

Sur une méthode propre à l'étude d'un phénomène lumineux d'intensité variable avec le temps. — Application à la détermination de la vitesse instantanée d'un miroir tournant et à l'étude de l'étincelle de Hertz. — Note de M. A. TURPAIN, présentée par M. Mascart. (Voy. les *Comptes rendus.*)

BIBLIOGRAPHIE

Les Fours électriques et leurs applications industrielles, par JEAN ESCARD. — *Vve Dunod*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25 × 16 cm ; 535 pages. — Prix : 18 fr.

Nul n'était, naturellement, mieux qualifié que M. Moissan pour écrire la préface de ce livre, et personne ne sera surpris de voir figurer son nom sur la couverture d'un volume pour lequel il constitue, en dehors de son propre mérite, un puissant patronage. Nous serions, dans ces conditions, mal venu nous-même à ne pas profiter de cette bonne fortune pour abréger et faciliter notre tâche en substituant, au profit de tous, la prose de l'éminent Membre de l'Institut à la nôtre. Nous ne prendrons d'ailleurs de cette préface, pour ne pas trahir notre drapeau, que la partie dont la terminologie n'est pas en désaccord avec celle adoptée dans ce journal.

« Envisageant la question dans toute son ampleur, nous dit donc M. Moissan, l'auteur a patiemment réuni les documents qui touchent à l'utilisation de la chaleur due aux courants électriques. Après une étude générale de l'arc voltaïque et de ses propriétés, M. Escard classe les différents fours électriques. Il décrit d'abord les appareils de laboratoire et indique les réactions qu'ils peuvent fournir. A ce propos, il passe en revue les différentes variétés de carbone, puis aborde l'étude des carbures métalliques. Il décrit alors l'industrie du carbure de calcium et de l'acétylène. Il passe ensuite à la préparation industrielle si intéressante de l'aluminium produit par électrolyse, puis à celle des alliages réfractaires, et traite, à ce sujet, avec détails l'électrosidérurgie. Il aborde ensuite l'étude de la préparation du silicium et des siliciures au four électrique, industrie entièrement nouvelle et qui a déjà donné d'importants résultats. Enfin, dans un dernier chapitre, il fournit des détails sur l'application de l'arc voltaïque à la soudure électrique et au travail des métaux. — Ce livre est écrit d'une plume alerte; la bibliographie en est soignée; de nombreuses figures en illuminent le texte. — Peut-être le départ entre les appareils qui ont donné des résultats certains et ceux qui sont restés à l'état de projet n'est-il pas suffisant; mais nous estimons qu'il était difficile de faire mieux dans une industrie sans cesse en progrès et sans cesse aussi en continuelle transformation.

« Tel qu'il est, nous sommes convaincu que cet ouvrage rendra de grands services aux savants et aux industriels. »

Nous ne saurions dire mieux ni plus, si ce n'est (ce que M. Moissan ne pouvait pas dire) que son nom et ses travaux tiennent, comme ils le devaient, une large place dans ce travail. Nous ajouterons cependant, sans vouloir diminuer son mérite, que l'auteur va peut-être un peu loin quand il dit, à la fin de son Introduction : « Nous avons voulu mettre au net la question des fours électriques en faisant *œuvre nouvelle qui n'avait pas encore été tentée.* » ?...

E. BOISTEL.

Four électrique continu pour la fabrication du verre, par SAUVAGEON. — *Vve Dunod*, éditeur, Paris, sans date. — Plaquette de 24 × 16 cm; 24 pages. — Prix : 2,50 fr.

Loin de nous l'aphorisme que « Un malheur n'arrive jamais seul » ; mais, par une de ces bizarres coïncidences que nous avons déjà plusieurs fois constatées, il nous tombe par hasard sous la main, après l'ouvrage général ci-dessus, cet opuscule spécial, relatif à une nouvelle application du four électrique non encore étudiée par le précédent auteur, mais entrevue de loin par son grand protecteur et lui à travers les brumes matinales du jour nouveau qui se lève sur la science de l'électrothermie. Simple conception théorique et raisonnée d'un « Four électrique à marche continue pour la fabrication du verre et *autres produits métallurgiques* (?) *similaires* », cette application, encore à l'état de futur, ne pouvait en effet trouver place dans le résumé des faits acquis exposés dans le volume de M. Escard; mais l'étude en émane

d'un ancien Directeur de la Société des Verreries et Glaceries d'Aniche, que son expérience en la matière indiquait tout particulièrement pour mettre au point cette question tout à fait à l'ordre du jour. Indépendamment des qualités économiques que présente la production électrique de l'énergie thermique, elle a en effet l'avantage d'éviter le contact entre la matière vitrifiée et les gaz et produits de la combustion, d'où amélioration des résultats obtenus.

Quant à l'étude elle-même, abordée dans cette Notice en vue de donner le maximum d'effet utile grâce au rendement thermique et au rendement quantitatif les plus grands possibles, elle se termine par un résumé comparatif de tous les éléments de rendement du four chauffé au gaz de houille et du four électrique, avec détermination de chaque perte d'énergie dans le cycle de transformation, et nous fait espérer, à bref délai, des essais industriels qui, s'ils répondent à ce qu'en attend l'auteur, détermineront, suivant lui, une véritable révolution dans la fabrication du verre. E. Boistel.

Instrumente zur Messung der Temperatur für technische Zwecke (Instruments pour la mesure des températures industrielles), par Otto Bechstein. — *Jänecke frères*, éditeurs, Hanovre, 1905. — Format : 22 × 14 cm : 64 pages. — Prix : 2,25 fr.

Nouveau numéro de la série de monographies de cette maison, dont nous avons maintes fois déjà annoncé les intéressantes et remarquables productions, celui-ci se recommande tout particulièrement par la généralité des opérations industrielles (et de la grande industrie) où la chaleur joue un rôle si important. Parmi elles l'électrothermie, encore à ses débuts, est une des branches auxquelles il peut rendre le plus de services et mérite, à ce titre, l'attention toute particulière de nos lecteurs. Nous le leur signalons, non sans faire ressortir le traitement complet de la question dans ces 64 pages de texte extrêmement compact, mais édité avec toute la netteté et la clarté dont les Allemands nous donnent aujourd'hui l'exemple dans leurs livres scientifiques. Le nombre et la parfaite exécution des figures contribuent en outre largement à la facilité de lecture et d'intelligence des précieux renseignements et descriptions qu'on y trouve.

E. Boistel.

Wilda Diagram- und Flächenmesser (Intégrateur ou Planimètre Wilda), chez *Jänecke frères*, Hanovre, 1905. Prix : 2,50 fr.

Il ne s'agit pas ici d'un livre, mais d'un instrument. Sa connexion avec l'objet des études et travaux que nos bibliographies ont pour but de faciliter nous autorise cependant à le signaler à nos lecteurs. Aussi bien le peu de place qu'il nous prendra est-il en rapport avec son peu d'encombrement propre. Il se réduit en effet à une simple feuille de celluloïd transparent, de 185 sur 120 mm, quadrillée de façon spéciale et qui, légère et logeable dans un portefeuille quelconque, permet la mesure rapide et sûre, dit-on, de toute surface limitée par une ligne quelconque. Nous laissons à ceux qui ont l'habitude de ce genre d'opérations le soin de voir, à l'usage, si ce planimètre est plus expéditif que d'autres. En tout cas, il ne demande aucun ajustement préalable à son emploi, et son modeste prix, comprenant l'instruction sur la manière de s'en servir, permet qu'on en fasse l'essai sans grands frais ni risque.

E. Boistel.

Die vagabundierenden Ströme Elektrischer Bahnen (Courants vagabonds dus aux chemins de fer électriques), par Carl Michalke. — *Vieweg et fils*, éditeurs, Brunswick, 1904. — Format : 22 × 14 cm : 85 pages. Prix : 3,25 fr.

Réparation d'oubli ! Nous nous apercevons à l'instant que, par une singulière inadvertance, nous avons annoncé deux fois, à quatre mois d'intervalle (¹), la publication de M. Benischke sur *Les Moteurs asynchrones*, au détriment, bien malgré nous, d'un autre travail de la collection qu'il dirige « *L'Électrotechnique par monographies* » : celui ci-dessus dénommé relatif aux courants vagabonds. Il n'est cependant jamais trop tard pour bien faire et nous nous empressons de combler cette lacune dans nos comptes rendus avec d'autant plus de plaisir que le sujet ici traité est un des plus actuels, l'un des moins connus et qui, en conséquence, appelle la lumière de tous côtés et sera certainement des mieux accueillis, si tant est qu'il ne s'en prépare même pas sous roche une traduction, comme nous croyons le savoir.

Et d'abord, pour éviter à l'avenir semblable méprise, aussi bien que pour faire ressortir, par les seuls titres de ses publications, indépendamment de leur valeur intrinsèque, la valeur de la petite collection à laquelle appartient cette plaquette, nous rappellerons les sujets des six livraisons parues jusqu'ici, mais dont les deux premières ne nous sont pas parvenues : — I. Protection des installations électriques industrielles contre les décharges atmosphériques. — II. Exploitation des alternateurs en parallèle. — III. Lois fondamentales des courants alternatifs. — IV. Courants vagabonds dus aux tramways électriques. — V. Moteurs asynchrones. — VI. Lampes à arc.

Quant au fond même de cette publication n° IV, quelque intéressante que soit l'étude qu'elle fait du phénomène, de ses causes, des mesures qu'il comporte, etc., si elle est peu concluante, en dehors du grand remède de deux conducteurs isolés (aller et retour), sur les moyens de le pallier, sinon d'en prévenir ou conjurer le danger, les

(¹) Voy. *L'Industrie électrique* des 25 mars et 10 juillet 1905.

accidents d'électrolyse étant, en général, des cas d'espèces livrés à la sagacité des experts, elle est du moins rassurante en ce que, d'après une sérieuse enquête récemment faite en Allemagne par des Associations autorisées, sur 90 villes environ possédant des tramways électriques, c'est à peine s'il a été signalé deux ou trois cas de méfaits causés par les courants vagabonds. Puissent nos vagabonds courants n'en pas commettre davantage! E. Boistel.

Die elektrischen Bogenlampen (Les lampes a arc), par Zeidler. — Collection de *L'Électrotechnique par monographies*, chez *Vieweg et fils*, Brunswick, 1905. — Format : 22 × 14 cm ; 143 pages. Prix : 7 fr.

Sujet d'ensemble depuis bien longtemps abandonné chez nous, pour cause, sans doute, de moindre intérêt d'application, la question des lampes électriques et de leurs « Principe, Construction et Emploi » n'en est pas moins toujours ouverte et mérite, de temps à autre, en présence des progrès et études de détails dont elle est sans cesse l'objet, une mise au point qui devient à son tour le point de départ de nouvelles recherches toujours fructueuses. Elle est particulièrement précieuse en la forme sous laquelle se présente cette monographie. Essentiellement industrielle et technique, en effet, sans caractère ni prétention purement scientifique, et affranchie, en même temps, des trop belles, trop nombreuses et trop grandes images qui se disputent généralement la place dans les ouvrages analogues, elle se ressent et profite, naturellement, de tous les travaux antérieurs, mais pour les coordonner, les présenter et les résumer en une forme aussi sobre et pratique que séduisante. Leur principe et leurs conditions électriques de fonctionnement, leur construction pour marche à l'air libre ou en vase clos, la répartition et l'intensité de leur lumière et les applications qui en découlent, et enfin leur montage, avec leurs accessoires, constituent les quatre grandes divisions d'un opuscule plus vaste et plus élevé qu'il n'en a l'air et qui tient très honorablement sa place dans l'ensemble auquel il appartient. E. Boistel.

Calcul et construction des Machines dynamo-électriques, par Silvanus P. Thompson. Traduction et adaptation françaises, par E. Boistel. — *Ch. Béranger*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25 × 16 cm ; 274 pages. Prix, cartonné : 15 fr.

Nous ne savons quel profit M. Boistel tire ou ne tire pas de ses nombreuses traductions ; mais nous voyons bien celui qu'en retirent les auteurs étrangers qui passent par ses mains. Le « traduttore » est-il, en ce cas, « traditore », comme disent les Italiens ? — Oui, absolument, en ce sens que le traducteur ne rend pas exactement ce qu'a dit ou écrit l'auteur, mais bien, du moins comme forme, ce qu'il a voulu ou aurait dû dire s'il avait eu quelque souci de l'homogénéité et de la correction C.G.S. ; mais, comme disent les réfractaires à cette loi, on se comprend quand même et cela suffit. C'est exactement, comme quand on dit « colidor », « rénumérer », « clincaillier » (ce mot a cependant existé), etc. ; mais nous n'avons jamais entendu un membre de l'Académie française s'exprimer ainsi, et encore moins n'en avons-nous pas vu écrire de la sorte. — Non, au point de vue relatif et du service rendu à tous ; les auteurs ne sauraient, en effet, accuser de traîtrise celui qui s'évertue à les relever encore dans l'estime de leurs lecteurs en donnant à leurs œuvres un caractère qu'ils n'avaient eux-mêmes ni ambitionné, ni même soupçonné. En tout cas, dans son culte de la précision et dans son amour de l'exactitude, le traducteur a le soin, en l'espèce, de qualifier son travail de « traduction et adaptation », ce qui le met à l'abri de tout reproche, même des moins bien avisés..., en attendant qu'ils l'en remercient.

Quoi qu'il en soit, Arnold au petit pied, le Professeur Silvanus Thompson complète, par ce dernier ouvrage, son *Traité des Machines dynamo-électriques* en donnant en la forme si pratique et si simple qui caractérise ses publications, les éléments essentiels du calcul et de la construction ou de la vérification de ces machines. Il comble ainsi le désir aujourd'hui courant chez tous, ingénieurs, contremaîtres, distributeurs ou consommateurs d'énergie électrique, d'entrer plus avant dans l'intelligence du pourquoi et du comment, sans se heurter à des abstractions ou expressions mathématiques qui les effraient ou les rebutent. Dans ces conditions, nous ne pouvons que souhaiter et prédire à ce nouveau volume le succès de ses prédécesseurs ou devanciers. En ce qui concerne les ouvrages de Thompson, l'un fera vendre l'autre, sans qu'on puisse dire quel est l'autre. L'impeccabilité du style et la quasi-impeccabilité C.G.S., jointes au soin éditorial de la maison Béranger, n'y contribueront pas peu. A. Z.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

---

349 906. — **Gianoli.** — *Distributeur de courant à haute tension pour moteurs à plusieurs cylindres* (10 mai 1904).

349 905. — **Compagnie française de l'Amiante du Cap.** — *Nouveau procédé pour l'isolement des fils et câbles électriques* (10 mai 1904).

351 375. — **Isaac.** — *Perfectionnements aux appareils télautographes* (8 février 1905).

351 335. — **Leitner.** — *Perfectionnements dans les conjoncteurs-disjoncteurs automatiques* (4 février 1905).

351 374. — **Féry.** — *Pile sèche constante* (3 février 1905).

351 435. — **Société Siemens Schuckert Werke G. m. b. H.** — *Aimant de champ rotatif pour machines électriques* (11 février 1905).

351 537. — **Dawson.** — *Dynamo génératrice d'électricité* (15 février 1905).

351 550. — **Krieger.** — *Montage en bout d'arbre pour pignons de faible diamètre* (16 février 1905).

351 587. — **Johnson.** — *Machine électrique* (18 février 1905).

351 377. — **Seyert et Blondel.** — *Fil électrique avec isolement ignifuge* (9 février 1905).

351 417. — **Baron.** — *Système d'enroulement et de déroulement automatique pour conducteurs électriques* (10 février 1905).

351 484. — **Heap et autres.** — *Support pour conducteurs électriques aériens* (11 février 1905).

351 570. — **Compagnie continentale pour la fabrication des compteurs à gaz.** — *Compteur d'induction à décalage* (16 février 1905).

351 580. — **Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft.** — *Pivot pour l'extrémité supérieure de l'arbre de compteurs d'électricité à moteurs* (17 février 1905).

351 581. — **Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft.** — *Disposition de balais pour compteurs d'électricité à moteur* (17 février 1905).

351 602. — **Compagnie Thomson Houston.** — *Perfectionnements aux instruments de mesure* (20 février 1905).

351 603. — **Compagnie Thomson Houston.** — *Perfectionnements aux compteurs électriques à tarif multiple* (20 février 1905).

351 378. — **Bremant.** — *Appareil électrique pour chauffer instantanément les liquides alimentaires* (9 février 1905).

351 449. — **The Shoenberg Electric Appliance C°.** — *Appareil de chauffage électrique d'un liquide* (11 février 1905).

351 628. — **Bosworth.** — *Fourneau électrique pour la cuisson des pièces de prothèse dentaire et autres usages* (20 février 1905).

349 911. — **Société Schneider et Cie.** — *Dispositif pour régler la tension et la vitesse des dynamos à courant continu* (11 mai 1904).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

Société d'études des Forces hydro-électriques de l'Ance. — Cette Société a été constituée le 24 juin 1905.

Elle a pour objet : les études relatives à l'établissement d'un barrage sur la rivière l'Ance, et d'une usine électrique en vue d'obtenir les forces nécessaires à la production et à l'utilisation de l'énergie électrique; l'achat direct ou l'obtention, l'achat et la réalisation de toutes promesses de vente de terrains et droits immobiliers; la constitution, s'il y a lieu, de toute société d'exploitation des forces motrices de l'Ance et l'apport à cette Société de tous biens ou droits et, en général, toutes opérations commerciales, industrielles, financières et immobilières, pouvant être nécessaires ou utiles à la réalisation des affaires de la Société.

Le siège de la Société est établie à Paris, 27, rue de Rome. Il peut être transféré dans tout autre endroit à Paris, que le Conseil d'administration décidera.

La durée de la Société est fixée à dix années, à compter du jour de sa constitution définitive.

Les fondateurs apportent à la Société : les études préparatoires, les démarches et travaux faits en vue de la constitution de la Société; le bénéfice de tous droits d'option relatifs aux terrains et aux droits immobiliers pouvant être nécessaires au fonctionnement de la Société, et le bénéfice de tous accords qu'ils ont pu faire pour le compte de la Société en vue de lui assurer les droits d'option.

En représentation et pour prix de cet apport, il est attribué aux apporteurs 400 actions ordinaires de 500 fr, libérées; ces actions resteront soumises pendant le délai de deux années à compter du jour de la constitution, aux prescriptions de la loi du 1er août 1893. En outre, cet apport est fait moyennant le remboursement aux fondateurs des dépenses engagées pour le compte de la Société, s'élevant à 20 000 fr.

Le fonds social est fixé à la somme de 250 000 fr; il est représenté par 500 actions de 500 fr chacune divisées en deux catégories distinctes, savoir : 100 actions de priorité à souscrire et payer en numéraire, et ayant droit, par privilège avant les actions ordinaires, au paiement des intérêts annuels et au remboursement du capital des actions, et 400 actions ordinaires attribuées aux apporteurs.

Sauf en ce qui concerne le privilège ci-dessus indiqué pour les intérêts et le remboursement, les droits de toutes les actions sont identiques.

La Société est administrée par un Conseil composé de trois membres au moins et de cinq au plus. Les administrateurs sont nommés pour six ans, sauf l'effet du renouvellement qui ne commencera d'ailleurs que dans sept ans.

Le Conseil a les pouvoirs les plus étendus pour agir au nom de la Société et faire toutes les opérations relatives à son objet.

L'Assemblée générale se compose de tous les actionnaires possédant au minimum 10 actions. Les actionnaires ne peuvent se faire représenter que par un actionnaire membre lui-même de l'Assemblée.

Les produits de la Société ne devant être réalisés que lorsqu'elle aura atteint son but, et la dissolution devant en être la conséquence, la répartition en sera faite à la clôture de la liquidation de la Société, et, par suite, il n'y aura pas lieu de constituer de réserve légale.

Les résultats des opérations sociales et de la réalisation de l'actif de la Société après l'acquit des charges et de son passif, seront employés et répartis de la manière suivante :

Il sera prélevé, en premier lieu : la somme nécessaire pour payer aux actionnaires l'intérêt à 5 pour 100 du montant réalisé de leurs actions, depuis le jour de la constitution de la Société jusqu'au jour de la liquidation définitive dans l'ordre suivant : d'abord et par privilège aux actions de priorité, puis aux actions ordinaires.

En deuxième lieu : la somme nécessaire au remboursement de toutes les actions dans le même ordre.

Le surplus constituant les bénéfices sociaux sera réparti : 20 pour 100 au Conseil d'administration; 80 pour 100 aux actions.

A l'expiration de la Société ou en cas de dissolution anticipée, la liquidation sera faite par les administrateurs en exercice et l'Assemblée générale règlera le mode de la liquidation.

Le Conseil d'administration est composé de MM. Henri Cahen, Henri Gaudet et Charles Duval. M. André Alexandre a été choisi pour remplir les fonctions de commissaire.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

55 929. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 330. 25 Septembre 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Les progrès de la fabrication du carbure de calcium. — Voici, d'après un article de M. Pitaval dans le *Journal de l'électrolyse*, les progrès récents et les tendances actuelles de la fabrication du carbure de calcium.

« *Four.* — Cet appareil n'a guère changé au point de vue extérieur, il est toujours très simple avec une tendance à devenir plutôt circulaire. C'est une simple tôle cintrée dans laquelle le mélange à traiter fait office de parois réfractaires.

Par exemple, ce qui a bien changé, c'est le mode d'utilisation du courant. On ne veut plus l'arc de jadis qui, entre autres inconvénients, à l'amorçage, projetait au dehors la moitié du contenu du four et qui était d'un rendement déplorable. Non, le présent est au four à résistance et l'avenir est au four à deux électrodes à grand rendement.

On hésitait jadis à dépasser la puissance de 200 kw, aujourd'hui les fours des Clavaux, les derniers installés, sont des fours à résistance de 560 kw et on projette pour l'usine de Darfo, des forges de Veltri, dés fours à deux électrodes de 900 kw!

Électrodes. — Les carburiers étaient jadis très opposés aux basses tensions qui exigent des électrodes de plus en plus fortes. On travaillait avec 60 volts alors que maintenant la tendance est d'arriver à 40 et 30 volts. Pour cela, il faut des électrodes de 60 × 60 cm couramment fabriquées dans beaucoup d'usines. Du reste l'emploi de la densité de puissance théoriquement la meilleure, pour la fabrication du carbure de calcium, nécessite dans les fours une forte section d'électrode et détermine une zone de fusion dont la périphérie est très peu distante de cette dernière. Avec ce système on n'a plus d'électrodes devenant incandescentes sur presque toute leur hauteur. Autrefois on faisait des pains de carbure pour utiliser l'électrode jusqu'au bout. Aujourd'hui que l'on a reconnu du reste la qualité très inférieure du carbure en pains, on coule presque partout, et on utilise les morceaux d'électrodes en les faisant repasser au pilon.

La dépense d'électrodes qui jouait un si gros rôle dans la fabrication du carbure de calcium est tombée très bas dans ces dernières années. La moyenne courante est de 50 à 60 kg par tonne de carbure, soit 10 à 12 fr, pour des électrodes à 20 fr les 100 kg. Mais avec des fours ultra-modernes on peut atteindre, paraît-il, le chiffre de 20 kg par tonne, soit 6 fr. par tonne seulement.

Matières premières. — On apporte aujourd'hui le plus grand soin dans le choix des matières premières, chaux et charbon, destinées à la fabrication du carbure. C'est en partie, en effet, du choix de ces matières que dépendra la pureté du produit obtenu et par suite sa valeur réelle. Il ne faut pas se dissimuler, alors que bien peu de temps nous sépare du moment où le carbure va être fabriqué par tout le monde, que la question des marques d'origine qui joua un rôle si important

avant 1901, va reprendre toute sa valeur. Chacun doit donc s'appliquer — et nous sommes convaincu que beaucoup s'y appliquent déjà — à fournir un carbure de plus en plus exempt d'impuretés. Le charbon employé est toujours de l'anthracite très pur et la chaux est à 95 pour 100 au moins. Ces matières sont en outre soigneusement desséchées avant l'emploi.

Rendement. — Le rendement du carbure par suite d'une meilleure utilisation du courant, du soin avec lequel sont faites les connections, de l'emploi des fours à résistance, a progressé sensiblement. Il atteint ou dépasse 4 kg par cheval-jour hydraulique ou 5 kg par kw-jour.

Il est facile après cette courte étude sur la fabrication moderne du carbure de calcium, de se rendre compte du prix de revient actuel de ce produit. Et connaissant le prix de vente il est encore plus facile d'en déduire que le bénéfice des fabricants doit osciller autour de 85 fr la tonne.

Verra-t-on ce bénéfice s'accroître avec la généralisation dans toutes les anciennes usines des procédés modernes? Certainement. Il est une chose malheureusement que l'on ne pourra pas changer, c'est le prix de revient de l'énergie électrique basé sur les conditions particulières de premier établissement. Celles des usines qui sont ainsi grevées de servitudes spéciales ne pourront se mettre à l'unisson qu'en faisant un grand pas, en se plaçant à la tête du progrès par l'installation de grandes puissances d'unités calées directement sur les turbines hydrauliques, des unités de 5000 kw par exemple! Alors le prix de revient de l'énergie deviendra très faible et compensera la part d'amortissement trop lourde que traînent certaines usines dans leurs bilans. Mais c'est un peu téméraire et il faut de l'argent pour faire une telle transformation... quand la puissance de la chute peut le permettre. Il reste une amélioration à apporter à la fabrication du carbure, elle est relative aux qualités qu'exige la clientèle. On ne peut encore avoir à satiété telle ou telle variété de calibré ou de concassé. Il semble que les usines hésitent à varier ainsi leur production, alors cependant que rien n'est plus variable que les appareils destinés à l'utiliser. »

Rappelons enfin, sans sortir de notre sujet, que par une circulaire ministérielle en date du 6 décembre 1904, *on est libre d'installer l'acétylène pour l'éclairage privé, sans enquête ni déclaration.* Ce sont là des conditions de nature à favoriser l'emploi de l'acétylène, et, par conséquent, le développement de la fabrication du carbure de calcium dont le monopole n'a plus, heureusement, que peu d'années d'existence en perspective.

Les chemins de fer et les tramways électriques en Allemagne. — L'*Elektrotechnische Zeitschrift* donne la statistique des lignes exploitées électriquement; cette statistique comprend en outre les lignes exploitées au moyen de voitures à trolley sans rails, qui se développent de plus en plus en Allemagne.

A la statistique sont joints les renseignements suivants :

La longueur totale des lignes à voie ferrée avait, au 1er octobre 1904, augmenté de 100 km sur l'année précédente, et comportait environ 3800 km. Le nombre des voitures a augmenté de 332; il est passé de 8702 à 9034. Cette proportion est plus élevée que celle de l'augmentation de longueur, de sorte que l'on peut en conclure que le trafic a augmenté sur les lignes déjà construites. L'ensemble des machines destinées à la traction n'a augmenté que de 1,5 pour 100; le nombre des batteries-tampon a augmenté dans une proportion un peu plus élevée, l'ensemble des batteries comportait au 1er octobre 1904, 39 809 kilowatts.

Les systèmes de traction n'ont pas beaucoup changé pendant la dernière année d'exploitation. Les tramways tendent de plus en plus à abandonner le système de traction par accumulateurs, beaucoup trop coûteux. Le système mixte, canalisation aérienne et accumulateurs n'est plus employé qu'à Dresde. A Berlin, Dresde et Dusseldorff, il existe des canalisations aériennes alternant avec des canalisations souterraines. A Kœnigsberg, il existe des canalisations bipolaires.

Il n'existe plus pour les tramways qu'une ligne exploitée au moyen d'accumulateurs; cette portion de ligne, d'une longueur de 4,2 km, est située à Bremerhafen; le restant de la ligne est exploitée au moyen de chevaux.

Pour les lignes plus importantes, l'exploitation au moyen d'accumulateurs tend au contraire à s'accroître; le chemin de fer local de Ludwigshafen à Mundenheim est exploité depuis dix ans avec des voitures à accumulateurs; et les chemins de fer bavarois ont étendu l'exploitation par voitures à accumulateurs à 10 lignes de leur réseau; sur beaucoup de grandes lignes on procède à des essais.

Il y a des prises de courant au moyen d'un troisième rail sur la ligne Berlin-Gross-Lichterfeld, et sur le chemin de fer aérien et souterrain de Berlin; la ligne du chemin de fer suspendu de Barmen-Elberfeld a la prise de courant assurée par un rail auxiliaire.

La traction par courant alternatif simple se répand de plus en plus. On a procédé à des essais sur la ligne à voie normale Niederschöneweide-Spindlersfeld, et les résultats ont été si satisfaisants que l'on a commencé les travaux afin d'exploiter par ce système le chemin de fer métropolitain Hambourg-Altona et ses deux lignes de prolongement, et pour cela on édifie une centrale spéciale avec turbines à vapeur. La Société Siemens-Schuckert a inauguré la traction par courant alternatif simple sur la ligne Murnau-Oberammergau, qui avait été construite pour être exploitée avec des courants triphasés.

Quant aux chemins de fer sans rail, on peut dire qu'aujourd'hui leur construction s'est beaucoup améliorée et qu'ils peuvent rendre de grands services; la longueur totale des lignes exploitées est de 21,7 km.

A la suite de la statistique, le journal a donné la table suivante, qui montre bien le développement de la traction électrique en Allemagne ces dernières années :

ÉLÉMENTS	1er AOUT 1896.	1er SEPTEMBRE 1897.	1er SEPTEMBRE 1898.	1er SEPTEMBRE 1899.	1er SEPTEMBRE 1900.	1er OCTOBRE 1901.	1er OCTOBRE 1902.	1er OCTOBRE 1903.	1er OCTOBRE 1904.
Nombre de lignes	42	56	68	88	99	113	125	134	140
Longueur des lignes, en km	582	957	1 429	2 048	2 868	3 099	3 388	3 692	3 791
Longueur des voies, en km	854	1 355	1 939	2 812	4 254	4 548	5 151	5 500	5 670
Nombre d'automotrices	1 571	2 255	3 100	4 504	5 994	7 290	8 365	8 702	9 034
Nombre de remorques	989	1 601	2 128	3 138	3 962	4 967	5 954	6 190	6 477
Puissance des machines, en kw.	18 560	24 920	33 333	52 509	75 608	108 021	120 776	133 151	133 326
Puissance des accumulateurs, en kw	»	»	5 118	13 552	16 890	25 531	30 052	38 736	39 809

Le journal donne ensuite un tableau indiquant la puissance spécifique installée, en kilowatts par km de voie et par voiture motrice; il y a en moyenne 20,7 kw par km de voie et 17,0 kw par voiture motrice.

La lampe à mercure uviol. — La cristallerie Schott et Cie, de Iéna, a mis sur le marché une nouvelle lampe à vapeur de mercure, dont l'ampoule, fabriquée avec un verre spécial, laisse passer encore plus de rayons ultra-violets (de là le nom



uviol) que les lampes à ampoule de quartz. L'ampoule a une longueur de 45 à 120 cm, et aux deux extrémités sont adaptées des électrodes en charbon fixées à des pièces de platine traversant le verre; elle contient une faible quantité de mercure. L'allumage a lieu en renversant la lampe; comme les deux électrodes sont semblables, on peut inverser les bornes, mais il faut que le pôle négatif soit à la partie inférieure, de manière qu'il soit recouvert par le mercure. Sous une tension de 110 à 220 v, la lampe absorbe de 2 à 4 A, et donne environ 800 bougies.

Le Dr Axmann, d'Erfurt, a étudié l'action des rayons actiniques de cette lampe, qui sont utilisés pour la guérison des maladies de la peau.

Un grand transport d'énergie en Écosse. — *L'Electrician* du 23 juillet, donne la description de cette installation, exécutée par la *Clyde Valley electrical Power C°*, et qui est déjà partiellement en service; elle dessert le district de Glasgow qui a une superficie de 1900 km². A l'origine, cette installation était destinée uniquement à fournir de l'énergie; actuellement plusieurs localités l'emploient à l'éclairage.

Il y a deux stations centrales, l'une à Yokes, l'autre à Motherwell; la première localité est à 8, la seconde à 24 km de Glasgow.

La station de Yokes est munie de 4 chaudières Babcock et Wilcox, de 400 m² de surface de chauffe, avec un surchauffeur et un économiseur pour les 4 chaudières; la pression de la vapeur est de 11,6 atmosphères, et la surchauffe de 65°. Le transport du charbon, depuis les tombereaux jusqu'aux foyers, est entièrement mécanique et s'effectue d'après le système Roney, à commande électrique.

La salle des machines contient deux groupes d'alternateurs triphasés de 2000 kw chacun, pouvant donner 3000 kw; ces groupes sont constitués par une turbine à vapeur horizontale du système Westinghouse, ayant une vitesse de 1500 tours à la minute, couplée directement avec un alternateur Westinghouse de 11 000 v et 25 périodes. L'inducteur bipolaire est une pièce massive en acier, tournant à l'intérieur de l'induit; les rainures sont presque entièrement fermées.

L'installation doit être complétée plus tard par l'adjonction d'un groupe de 2000 kw et d'un groupe de 3500 kw. L'excitation est assurée au moyen de 2 excitatrices de 75 kw, actionnées chacune directement par un moteur à vapeur compound du type Westinghouse, tournant à la vitesse de 290 tours par minute.

Chaque turbine à vapeur est munie d'un condenseur à surface de 565 m², dont la partie supérieure dépasse le sol de la salle des machines; chaque condenseur comporte une pompe à vapeur à double effet.

L'eau nécessaire à la condensation provient de la Clyde, elle coule dans un réservoir placé 3 m en contre-bas, et est puisée dans ce réservoir et envoyée au condenseur au moyen d'une pompe centrifuge à vapeur.

L'eau de condensation est amenée au réservoir à eau chaude par une pompe commandée par un moteur en dérivation de 4,5 kw et de là, 2 pompes à double effet l'envoient aux chaudières. Les moteurs à vapeur des excitatrices ont une installation particulière pour la condensation.

Les interrupteurs à huile sont disposés dans le sous-sol et dans la première galerie; les barres générales et les interrupteurs généraux sont disposés à la partie supérieure. Tous les interrupteurs généraux, ainsi que les rhéostats et les appareils de régulation des turbines sont actionnés par des moteurs électriques branchés dans un circuit dérivé des barres du circuit d'excitation.

La deuxième station centrale est presque absolument semblable à la première: cependant, au point de vue de l'alimentation en eau, elle est placée dans de beaucoup plus mauvaises conditions; elle est à 300 m de la rivière et à 42 m au-dessus du niveau de l'eau.

De la centrale de Yokes partent 6 canalisations de 1 cm² de section et 32 km de longueur posées dans des tuyaux en poterie ou en ciment. Les câbles à haute et à basse tension sont isolés au papier, les premiers sont munis d'une feuille de cuivre enroulée sous l'enveloppe en plomb.

La centrale de Yokes est reliée à 3 sous-stations, et celle de Motherwell à 10. Chaque sous-station contient 2 moteurs générateurs de 150 kw que l'on fait démarrer au moyen d'un petit moteur d'induction.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Dijon. — *Tramways électriques.* — Au cours d'une récente réunion du Conseil général de la Côte-d'Or, M. Cortot a lu un rapport sur l'avant-projet d'établissement d'un tramway électrique de Dijon à Gevrey.

La Commission, tout en reconnaissant l'utilité de cette ligne pour Dijon et les villages traversés, voit un obstacle au tramway si longtemps attendu de Dijon à Beaune. Elle propose néanmoins de donner un avis favorable, mais à la condition qu'en cas de construction de cette dernière ligne, la voie sera rétrocédée au département. Un projet d'entente devra être présenté au Conseil général à la session d'avril prochain.

Quant à la demande de subvention adressée au Conseil pour l'achat des terrains nécessaires à l'établissement de la ligne, M. Cortot propose de passer à l'ordre du jour.

Ces conclusions sont adoptées.

Grenoble. — *Chemin de fer électrique.* — Un récent Congrès des syndicats d'initiative vient d'émettre le vœu qu'une ligne de chemin de fer électrique relie au plus tôt Grenoble et Valence, au travers des sites pittoresques du Vercors et que la première partie de cette ligne : Grenoble-Villard-de-Lans, dont l'étude est terminée, soit réalisée dans le plus bref délai possible.

Heuilley-sur-Saône (Côte-d'Or). — *Éclairage.* — Le Conseil municipal vient de décider l'installation de la lumière électrique dans cette localité. Vingt lampes seront posées dans les rues de Heuilley.

Voilà une excellente initiative, à laquelle on ne peut qu'applaudir. Depuis longtemps la question était à l'étude; elle vient d'être enfin résolue.

Si nos renseignements sont exacts, les travaux pourraient être terminés l'hiver prochain.

Marseille. — *Éclairage.* — A la suite d'un contrat intervenu dernièrement entre la ville de Marseille et la *Société du gaz et d'électricité de Marseille* (substituée récemment à l'ancienne Compagnie du gaz), cette Société vient de confier à la Compagnie Thomson-Houston l'installation sur les terrains de son usine à gaz, de l'usine centrale électrique qui lui est nécessaire pour assurer les services publics et privés qui lui sont imposés. Cette importante usine, dont l'installation doit être terminée le 1er septembre 1906, est prévue pour 6 unités de 1000 kw à la fréquence 25 et 3 unités de 500 kw à la fréquence 50, mais il ne sera installé au début que 3 unités à la fréquence 25 et 2 à la fréquence 50. Les premières seront constituées par des groupes turbo-alternateurs système Curtis à arbre vertical, tournant à 1500 tours par minute, de même type que ceux fournis par la Compagnie Thomson-Houston pour

les stations centrales d'Alger, d'Arles et de Nice, ainsi que pour l'usine de secours de la Société des Forces motrices du Rhône à Lyon. Les groupes à la fréquence 50 seront constitués par des convertisseurs de fréquence transformant en courant à 50 périodes par seconde le courant produit ou fourni à 25.

En outre, afin de parer aux besoins de l'hiver 1905-1906, la Compagnie installe dès à présent à Marseille une station de moindre importance comprenant deux dynamos à courant continu de 150 kw de puissance chacune, qui pourra entrer en service industriel dans le courant du mois de novembre prochain.

ÉTRANGER

Drammen (Norwège). — *Station centrale.* — Cette station génératrice, installée d'une façon tout à fait moderne auprès de la chute d'un des principaux fleuves norvégiens, présente un certain nombre de particularités intéressantes sur lesquelles nous donnerons quelques rapides indications.

La chute d'eau utilisable a une hauteur de 14,50 m et un débit de 30 m^3 : s, correspondant à une puissance disponible de 3300 poncelets. Le tunnel principal établi pour amener l'eau est creusé en galerie sous les rochers et a une longueur de 70 m, une largeur de 10 m. Les conduits d'amenée d'eau aux turbines sont constitués par deux tunnels de 15 m^2 de section. Ces deux tunnels sont revêtus de béton de ciment : ils débouchent dans les conduites forcées des turbines constituées par des tubes d'acier de 2 m de diamètre.

L'énergie électrique est produite sous forme de courants triphasés à 5000 volts : la tension est élevée par des transformateurs à 20 000 volts pour la transmission d'énergie dont la longueur atteint 35 km. Une sous-station de transformation établie à l'entrée de la ville de Drammen abaisse la tension de 18 000 à 4500 volts : pour la distribution aux particuliers, cette tension est à nouveau abaissée à 220 volts.

Les unités actuellement installées à l'usine génératrice consistent en deux groupes 660 kw; deux nouveaux groupes de 880 kw seront prochainement mis en place. Deux excitatrices entraînées par des turbines de 50 poncelets sont également installées et seront complétées par une troisième unité : ces petites turbines sont alimentées par une conduite forcée en acier de 1 m de diamètre.

Les grandes turbines sont du type double Francis et fonctionnent à une vitesse angulaire de 214 t : m. Le réglage est effectué au moyen d'aubes mobiles en acier que déplace le servo-moteur du régulateur. Chaque turbine est munie d'un volant en acier ayant un moment d'inertie de 650 000 kg : m^2. Chaque turbine possède un régulateur de vitesse à servo-moteur hydraulique : ces régulateurs peuvent être commandés depuis le tableau de distribution, pour le couplage des alternateurs en parallèle. L'eau sous pression, nécessaire aux régulateurs, est fournie par un accumulateur et des pompes qu'entraîne un électromoteur de 5 kw.

Les excitatrices sont commandées par des turbines Francis simples munies également d'un volant. Ces turbines possèdent aussi des régulateurs automatiques à servo-moteurs hydrauliques. Ceux-ci reçoivent l'eau sous pression directement des tubes d'amenée d'eau. La vitesse de rotation de ces machines est de 650 t : m.

Les alternateurs fournis par les ateliers d'Oerlikon sont à induit fixe et inducteur mobile, les constantes principales de ces machines sont : tension 5000 volts, vitesse angulaire 214 t : m, puissance 770 kw pour $\cos \varphi = 1$, fréquence 50 p : s.

L'excitation absorbe 7 kw à pleine charge pour $\cos \varphi = 1$ et 13 kw à pleine charge pour $\cos \varphi = 0,8$.

L'élévation de température d'une partie quelconque de l'alternateur après un fonctionnement de 24 heures ne dépasse pas 40° C.

CORRESPONDANCE

Raids électromobiles.

MON CHER MONSIEUR HOSPITALIER,

Je viens de lire dans le numéro du 10 septembre de *L'Industrie électrique* une information relative aux récents raids électromobiles où vous croyez devoir mettre le *bon public* en garde contre l'opinion, qu'il pourrait acquérir, qu'il lui sera désormais loisible d'accomplir en électrique des parcours de 200 km sans recharge.

Comme il serait fâcheux que le *bon public* se demandât pourquoi, nous l'ayant fait, il n'en peut pas faire autant, je désirerais mettre à côté de vos réserves d'une prudence un peu timorée, quelques chiffres dont la rigueur n'est pas niable, et dont la conclusion ne justifie pas vos craintes.

On a parlé d'éléments d'accumulateurs faisant 41 et 42 w-h par kg total; les éléments sur lesquels nous nous baserons n'en font que 36,6 (Agathos extra-légers, 210 A-h, au régime de 40 A), mais ils les donnent sûrement et durent 70 décharges; ce sont donc des éléments pratiques.

Vous avez expliqué que vous ne pouviez croire à une dépense de seulement 58 w-h par tonne-km, mais je ne pense pas que le chiffre de 70 w-h ne vous paraisse acceptable.

Eh bien! dans ces conditions, une voiture pesant deux tonnes dépensera pour faire 200 km 70 . 2 . 200 ou 28 000 w-h; la batterie pèsera donc :

$$\frac{28\,000}{36,6} = 758 \text{ kg.}$$

Ce qui signifie qu'il faut 758 kg d'accumuluteurs pour tirer deux tonnes sur 200 km. Le rapport du poids d'accumulateurs au poids total est donc :

$$\frac{738}{2000} = 0,369,$$

soit 36,9 pour 100 et non pas 45 pour 100.

En fait, le coupé 3/4 Védrine qui a fait Saint-Germain-Trouville sans recharge pesait 2120 kg au total, se décomposant ainsi :

Voiture vide sans accumulateurs	1080 kg.
Accumulateurs	700
Quatre voyageurs	280
Accessoires et bagages	60
	2120 kg.

Rapport du poids d'accumulateurs au poids total :

$$\frac{700}{2120} = 0,33, \text{ c'est-à-dire 33 pour 100.}$$

Que cette proportion soit plus grande que celle qu'il faudrait pour ne faire que les 70 km de la voiture ordinaire, c'est indiscutable et d'ailleurs sans importance.

Résulte-t-il de ces nombres, dont les dernières expériences sur route ont démontré l'exactitude, qu'il y a progrès sur ce qu'on aurait pu faire avant? Je l'ignore. Avait-on simplement négligé d'essayer? Cela n'est guère probable. En tous cas, il n'y a pas lieu de douter que c'est aujourd'hui possible et facilement réalisable.

Je ne pense pas que vous voyiez un inconvénient après avoir mis vos lecteurs au courant des opinions trop pessimistes de l'auteur de l'article, à leur donner les raisons de quelqu'un qui croit fermement, et dans un temps proche, à l'avenir de l'électrique sur route.

Veuillez agréer, etc. PAUL BARY.

N. D. L. R. — La lettre de M. Paul Bary ne modifie en rien l'opinion que nous avons émise dans le numéro du 10 septembre.

SUR LA DÉTERMINATION
DU
FACTEUR DE PUISSANCE
DANS LES CIRCUITS TRIPHASÉS ÉQUILIBRÉS
PAR LA MÉTHODE DES DEUX WATTMÈTRES

On sait que, dans les circuits triphasés équilibrés, il existe une relation entre les indications de deux wattmètres disposés comme l'a indiqué Aron en 1892, et le facteur de puissance. Rappelons rapidement cette relation. Soient :

I_1, I_2, les intensités efficaces dans deux des trois conducteurs;

U_1, U_2, les différences de potentiel entre chacun des fils 1 et 2 et le fil 3;

φ_1, φ_2, les décalages des courants I_1, I_2 sur les différences de potentiel U_1, U_2. On aura évidemment les relations :

$$P_1 = U_1 I_1 \cos(\varphi_1 - 30^\circ);$$
$$P_2 = U_2 I_2 \cos(\varphi_2 + 30^\circ).$$

Dans un circuit triphasé équilibré :

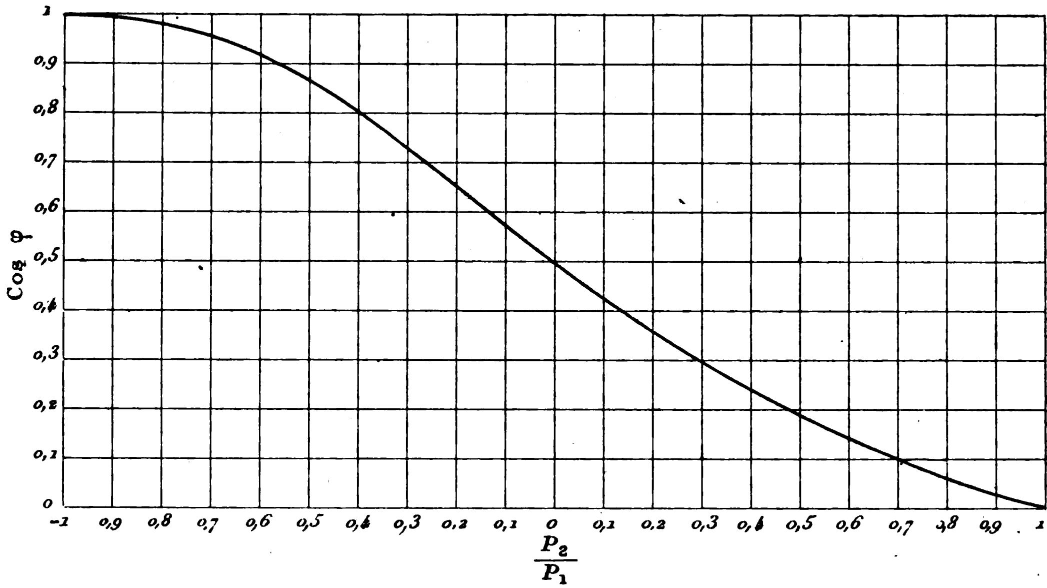
$$I_1 = I_2; \quad U_1 = U_2; \quad \varphi_1 = \varphi_2.$$

On a alors, en faisant le quotient de la différence des puissances par leur somme :

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2} = \frac{\cos(\varphi - 30) - \cos(\varphi + 30)}{\cos(\varphi - 30) + \cos(\varphi + 30)} = \frac{\sin \varphi}{\sqrt{3} \cos \varphi}.$$

D'où :

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{3} \cdot \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}.$$



Variation du facteur de puissance en fonction du rapport des indications des appareils de mesure dans la méthode des deux wattmètres.

Relation d'où l'on déduit le facteur de puissance $\cos \varphi$ qui a aussi pour expression, tous calculs faits :

$$\cos \varphi = \frac{P_1 + P_2}{\sqrt{(P_1 + P_2)^2 + 3(P_1 - P_2)^2}}.$$

Sous cette forme, le calcul de $\cos \varphi$ déduit des valeurs de P_1 et P_2 est assez pénible. Dans un récent numéro de l'*Elettricita*, M. *Carlo Righini* indique un moyen rapide et pratique de détermination du facteur de puissance dans les laboratoires et sur les plateformes d'expérience. Il consiste à utiliser la relation évidente :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\cos\left(\varphi + \frac{\pi}{6}\right)}{\cos\left(\varphi - \frac{\pi}{6}\right)},$$

laquelle est toujours plus petite ou au plus égale à 1 si l'on prend $P_2 < P_1$, et à tracer, une fois pour toutes, une courbe dans laquelle on prend comme coordonnées les valeurs de $\frac{P_2}{P_1}$ et les valeurs correspondantes de $\cos \varphi$ satisfaisant à la relation ci-dessus. Le calcul se réduit donc, finalement, à la détermination du rapport $\frac{P_2}{P_1}$ et à la recherche de la valeur correspondante de $\cos \varphi$ sur la courbe. Pour faciliter cette recherche, nous avons fait établir cette courbe par M. E. Morieu, notre habile graveur, avec une précision suffisante et à une échelle assez grande pour que la détermination de $\cos \varphi$ puisse se faire à un centième près, ce qui est suffisant pour les besoins de la pratique, et nous en avons fait tirer quelques exemplaires à part, sur carton, que nous tenons à la disposition de ceux de nos lecteurs qui nous en feront la demande en vue de l'application à la plateforme ou au laboratoire. É. H.

FORCE ÉLECTROMOTRICE RÉSIDUELLE

DE L'ARC DE RUPTURE ENTRE CHARBONS

Des recherches sur des phénomènes du même ordre, quoique un peu différents, ont conduit récemment M. Becknel, de la *Northwestern University* des États-Unis, à étudier ce qui se passe dans la région portée à très haute température entre les électrodes de charbon d'un arc électrique immédiatement après l'interruption de cet arc.

Ayant disposé un circuit comprenant une dynamo, un galvanomètre et deux crayons de charbon, dans le prolongement l'un de l'autre, de manière à pouvoir, à l'aide d'un interrupteur bipolaire inverseur, coupler à volonté la dynamo ou le galvanomètre en série avec l'espace interpolaire, il constata immédiatement qu'un courant, appelé par lui *courant résiduel*, pouvait y être observé plus de dix secondes après l'interruption de l'arc provoqué entre ces charbons. Remplaçant ensuite le galvanomètre par un voltmètre, il trouva que la force électromotrice résiduelle donnant naissance à ce courant était de sens contraire de celui de la dynamo et atteignait une valeur maximum de plus d'un demi-volt.

Passant de là à l'étude plus approfondie, qualitative et quantitative, du phénomène, il se livra aux quelques expériences suivantes :

1. Une plaque, soit de cuivre, soit de mica, c'est-à-dire conductrice ou non, interposée entre les électrodes, sans contact avec elles, suffisait à arrêter complètement le courant résiduel qui toutefois se rétablissait immédiatement dès qu'on retirait cette lame.

L'expérience avec la lame de cuivre prouve qu'on ne peut guère attribuer l'effet résiduel au contact thermo-électrique (quelle qu'en puisse être l'interprétation) entre les pointes de charbon échauffées et les gaz de l'arc échauffés de même; en pareil cas, en effet, l'interposition d'une lame de cuivre dans l'espace correspondant tendrait à augmenter le courant constaté, et non pas, à coup sûr, à l'annuler.

2. La liaison des électrodes par un fil de cuivre court suffisait à interrompre complètement le passage du courant résiduel *dans le galvanomètre*, ce qui indiquait que l'effet en question ne pouvait être attribué à une source thermo-électrique *extérieure* à l'arc. Dans ce cas, en effet, en réduisant ainsi la résistance de l'arc on aurait notablement augmenté le courant observé.

3. L'auteur de ces essais appliqua alors à la région étudiée un petit souffleur au moment de la mise en circuit du galvanomètre. Presque toute trace de courant résiduel disparut encore tant que dura l'insufflation d'air, à moins que les pôles ne fussent rapprochés jusqu'à 1 mm environ l'un de l'autre, auquel cas l'effet observé subsistait, mais réduit au dixième. Cette persistance du phénomène était probablement due à la difficulté qu'éprouvait le courant d'air à franchir cette petite région. Il a également remarqué que, si l'on interrompait le soufflage, le courant résiduel reparaissait, à moins que l'interruption n'eût duré plus de quatre ou cinq secondes.

4. Le galvanomètre étant retiré du circuit et remplacé pendant quelques secondes par la dynamo, de manière à créer un champ électrique, *mais non un arc*, entre les électrodes, il se rétablissait un courant résiduel moindre dans le même sens que précédemment, c'est-à-dire de sens contraire à celui de la dynamo. On pouvait observer cet effet en faisant l'expérience dans la période de une ou deux minutes après interruption de l'arc.

Ces divers résultats sembleraient indiquer qu'on n'a pas affaire ici à une *conduction* électrique ordinaire, mais probablement à une *convection* électrique. Cette manière de voir serait confirmée par le fait que l'arc *alternatif* donne un effet résiduel très restreint. Elle n'explique pas d'ailleurs le phénomène.

Passant de là à son étude quantitative, c'est-à-dire à la mesure de la force électromotrice et du courant résiduels en fonction du temps, l'auteur a imaginé à cet effet un commutateur rotatif spécial pour couper automatiquement le circuit de la dynamo à un instant voulu quelconque, puis pour mettre, après un intervalle défini et mesurable, variable à volonté, le galvanomètre en circuit sur l'espace interpolaire encore chaud, pendant un laps de temps également déterminé et variable à volonté.

Dès le début on a observé que la durée d'allumage de l'arc avant qu'on ne mesure la force électromotrice résiduelle en question, est un facteur très important. Un état fixe semblant atteint au bout d'une minute environ, toutes les observations ont été faites dans ces conditions.

Elles ont également porté sur des arcs verticaux qui paraissent donner des résultats plus uniformes que les arcs horizontaux.

L'intensité du courant résiduel dépendant de la qualité des crayons, on a aussi opéré avec des charbons déterminés, à l'exclusion du graphite, assez rebelle aux expériences.

Pour fournir des résultats uniformes et un effet aussi grand que possible il est en outre absolument nécessaire que l'arc soit centré et ne tourne pas autour des électrodes.

Le planage, à la lime, des extrémités des crayons contribue encore à la constance des résultats, en ce qu'il permet de maintenir fixes pendant toute l'expérience la différence de potentiel de l'arc, l'intensité du courant qui le produit et la distance des pôles.

La force électromotrice était mesurée à l'aide d'un potentiomètre de Wolff, par opposition de la force électromotrice moyenne pendant un dixième de seconde avec une autre force électromotrice constante et connue appliquée pendant la même période de temps. Le courant variable était de même mesuré au moyen d'un galvanomètre différentiel, par opposition à un courant constant déterminé.

C'est dans ces conditions qu'ont été obtenues les courbes des figures 1 et 2, avec des charbons à mèche de

1,6 cm de diamètre, sous une force électromotrice de 110 volts, une différence de potentiel de l'arc égale à 35 volts, un courant de 16 ampères, et une longueur d'arc de 4 mm. Ces deux courbes s'élèvent rapidement pendant le premier quart de seconde, la force électro-

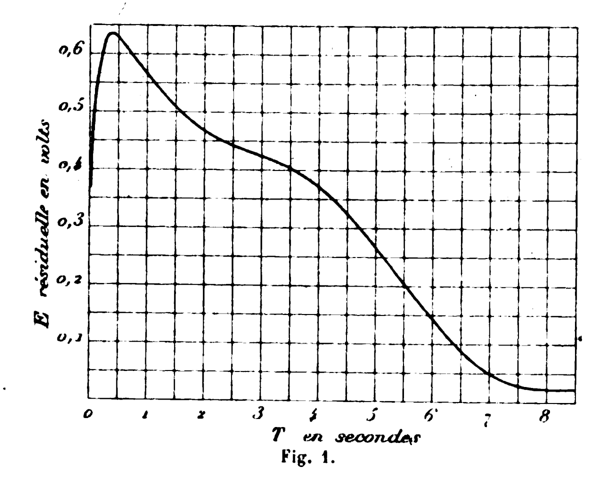


Fig. 1.

trice atteignant environ 0,65 volt et l'intensité 0,55 milliampères à travers un circuit contenant 1000 ohms de résistance, indépendamment de celle de l'arc. La chute de l'intensité est beaucoup plus rapide que celle de la force électromotrice, ce qui montre que la résistance de l'espace interpolaire augmente très vite.

L'observation du galvanomètre différentiel pour un point de la portion ascendante de la courbe est des plus intéressantes. L'appareil donne d'abord une déviation en faveur de la batterie, puis immédiatement après une déviation dans le sens attribuable à l'arc, ce qui indique

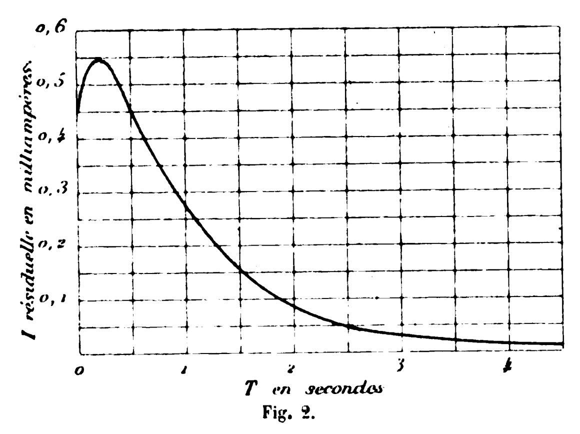


Fig. 2.

une rapide élévation au point considéré. Du côté descendant de la courbe les déviations sont de sens contraires.

En dehors des très intéressantes observations de M. Hotchkiss et de M. Blondel, qui ne s'appliquent qu'aux phénomènes observés pendant le premier centième de seconde après l'interruption de l'arc, il n'existe malheureusement pas, à la connaissance de l'auteur, d'autres éléments d'appréciation des quantités ici en jeu auxquels on puisse se référer.

En ce qui concerne la résistance de l'arc refroidissant (c'est ainsi que l'auteur qualifie l'espace interpolaire dans les conditions étudiées), si la relation entre les éléments, force électromotrice, intensité et résistance résiduelles, pouvait s'exprimer par la loi d'Ohm, il serait facile de construire sur la résistance et le temps une courbe dont les ordonnées seraient les rapports entre les ordonnées des deux courbes précédentes. En construisant cette courbe hypothétique, on trouve que la résistance, au bout du premier centième de seconde après l'interruption du courant est de 800 ohms environ et croît ensuite progressivement pour atteindre 1000 ohms en moins de 0,2 seconde. Au delà la courbe s'élève rapidement pour devenir asymptotique à une parallèle à l'axe des ordonnées. En examinant cependant la première partie de la courbe et se rappelant que le courant a été mesuré avec une résistance de 1000 ohms en circuit, indépendamment de celle de l'arc, on trouve que cette résistance de l'arc *lui-même* pendant le premier dixième de seconde devrait être négative, dans l'hypothèse d'application de la loi d'Ohm à la relation entre les quantités dont il s'agit. D'où cette conclusion forcée qu'elle ne s'applique pas au courant résiduel.

Quelques jours après cette communication faite, le 21 avril dernier, à la Société américaine de Physique, l'auteur a tenté, dans une note supplémentaire et sous toutes réserves, une explication de ce curieux phénomène basée sur l'hypothèse *ionique* (rien d'hellénique ni d'architectural). La température du crayon positif incandescent étant supérieure de 1000° environ à celle du charbon négatif, ce pôle positif émettrait, tant que subsiste l'arc, des corpuscules négatifs en beaucoup plus grande quantité que le négatif, et ce, en sens contraire du champ électrique, dans la pointe positive d'où ils sont issus. L'arc étant interrompu, les conditions changeraient et, à défaut de champ électrique pour faire rétrograder les corpuscules, ceux-ci, librement émis par les deux extrémités incandescentes (mais en plus grande quantité par le pôle positif), se diffuseraient dans l'espace interpolaire tant que les charbons ne sont pas assez refroidis pour qu'il n'y ait plus de différence entre l'émission des pôles positif et négatif.

De là, suivant l'auteur, l'explication du temps considérable nécessaire à l'établissement d'un état d'équilibre correspondant à une différence constante de température entre les électrodes, qui ne peut être atteint que quand celles-ci sont arrivées à leur maximum de température.

De là aussi le faible effet résiduel obtenu avec le graphite qui, bon conducteur de la chaleur, tendrait à égaliser beaucoup plus rapidement les températures des électrodes.

Quant au maximum que présentent les deux courbes 1 et 2, il pourrait être attribué au temps très appréciable nécessaire aux ions pour franchir l'espace interpolaire, et, dans ce cas, le temps mis à la réalisation de ce maximum après l'interruption de l'arc pourrait être un utile facteur dans la détermination des vitesses ioniques.

Les prémisses de cette théorie sont bien obscures pour qu'il soit permis d'en admettre jusqu'à nouvel ordre les

conséquences. Nous nous bornons à enregistrer les faits signalés, en en attendant une explication plus plausible ou plus nette. E. B.

LA RÉSONANCE DANS UN SYSTÈME LIBRE

ET

DANS UN SYSTÈME A LIAISON

Les bases fondamentales du phénomène de la résonance furent établies dans la science de l'acoustique par Helmholtz et par lord Rayleigh. La terminologie, tirée de l'acoustique, figure encore à l'heure actuelle dans la théorie de la résonance, quoique ses applications dépassent déjà le domaine du son. Le phénomène de la résonance trouva d'abord une application à la théorie de l'absorption de la lumière et plus tard à l'explication des phénomènes électromagnétiques. Le phénomène de la résonance consiste, on le sait, dans la susceptibilité d'un corps de répondre aux impulsions d'ordre mécanique (lumière) ou électrique.

Sous l'influence de ces impulsions, le corps lui-même est mis en état de vibration; la résonance est un moyen de produire ces vibrations. Des impulsions périodiques peuvent être communiquées au corps, soit sous forme d'une seule onde, soit d'une suite d'ondes, lesquelles se propagent dans le milieu ambiant par l'action immédiate de la source de vibrations harmoniques (vibrateur) liée d'une façon quelconque au résonateur. Ce milieu peut alors être envisagé comme un lien entre la source et le résonateur; mais il arrive souvent que la distance entre les deux corps est considérable par rapport à la longueur d'onde et, dans ce cas, l'action inverse du résonateur sur le vibrateur devient insignifiante. Grâce à cette circonstance, la liaison au moyen d'ondes peut être envisagée comme un genre de résonance spécial et des plus simples.

Les quantités d'énergie ainsi transmises au résonateur par chaque onde s'accumulent, et l'amplitude des oscillations va toujours en croissant, jusqu'à ce que la dispersion de l'énergie du résonateur pendant le temps compris entre deux ondes, croissant à son tour avec l'amplitude, devienne égale à la quantité d'énergie reçue par le résonateur; à partir de ce moment, l'état devient stationnaire, les ondulations cessent et le résonateur commence à revenir au repos.

Cette dispersion de l'énergie d'un corps vibrant a pour causes :

a. L'affaiblissement de la force de l'élasticité [1] avec le temps étant donnée une certaine déformation;

b. La résistance due au mouvement de particules (frottements extérieurs et intérieurs) du résonateur; résistance due à l'étincelle;

c. Émission.

D'après la théorie généralement admise, toutes ces causes sont exprimées par le coefficient α de la formule :

$$Ae^{-\alpha t}, \qquad (1)$$

laquelle exprime la loi de la diminution de l'amplitude A, dans le temps t.

Soit T la période; l'expression $\gamma = \alpha T$ est ce que l'on appelle le décrément logarithmique. On voit que la vitesse de l'amortissement ou la diminution de A est proportionnelle à l'amplitude. A mesure que l'amplitude diminue, l'amortissement devient de plus en plus lent; théoriquement il se prolonge indéfiniment. Le coefficient α est donc la somme de deux quantités $\alpha' + \alpha''$; la première de ces quantités exprime la valeur de l'amortissement du à l'échauffement des conducteurs, suivant la loi de Joule, et à l'étincelle; elle est égale à

$$\alpha' = \frac{R}{2L} \qquad (2)$$

dans laquelle R et L représentent la résistance et le coefficient de self-induction du circuit oscillant. La seconde quantité exprime l'amortissement produit par le rayonnement. Il n'est pas possible de donner à cette quantité une forme générale; elle dépend non seulement des dimensions du circuit, mais aussi de sa forme. D'après les expériences de Bjerknes [1], α'' est 10 fois plus grand dans le cas du circuit développé que lorsque ce même circuit est fermé sur lui-même. Dans le cas du résonateur de Hertz, constitué par un fil de cuivre, Bjerknes trouve pour la valeur du décrément le chiffre de 0,027, tandis que le décrément de Joule était 0,007; pour le même appareil en fil de fer, il obtient des chiffres 0,027 et 0,24. Des moyens pratiques pour déterminer la valeur des décréments sont indiqués par Bjerknes, dans son travail cité plus haut, et par Drude [2].

Pour le calcul du décrément par rayonnement, dans le cas d'un conducteur rectiligne, on a la formule de M. Abraham :

$$\gamma'' = \frac{2,44}{\log \frac{2l}{r}} \qquad (3)$$

dans laquelle l et r représentent la longueur et le rayon du conducteur. On voit que le décrément est proportionnel à la capacité C du circuit; en effet, si l'on néglige le rayonnement, on a

$$\gamma = \frac{R}{2L} T;$$

mais

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

[1] Dans le cas d'un conducteur électrique l'échauffement du diélectrique dû à sa densité électrique en général, et surtout dans le cas de l'air ou de l'huile est insignifiante.

[1] *Ueber Electrische Resonanz*, 55, 1895.
[2] *Ueber die inductive Erregung zweier electrischen Schwingungskreise*, 13, 1904.

donc

$$\gamma = \frac{\pi R\sqrt{C}}{\sqrt{L}} \qquad (4)$$

si, T restant constant, on fait la capacité 2 fois plus grande, le décrément devient lui-même 2 fois plus grand. D'après Drude, les chiffres 0,09 et même 0,15 indiquent encore des décréments très petits. Si $\gamma = 0{,}26$, l'amplitude de la deuxième période n'est que 0,77 de l'amplitude de la première; celle de la dixième est 0,07, de la trentième 0,0004 (1). La durée de l'oscillation augmente avec l'amortissement.

T est exprimé par la formule :

$$T = \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \alpha^2 . LC}}$$

ou

$$4\pi^2 N^2 = \omega^2 = \frac{1}{LC} - \alpha^2 \qquad (5)$$

N étant la fréquence des oscillations et ω la pulsation des oscillations (2π fois leur fréquence).

Dans la suite il sera donné à T la valeur du numérateur de l'expression ci-dessus, c'est-à-dire la valeur de l'oscillation qui aurait lieu, si l'amortissement était égal à zéro.

Toutes les causes de l'amortissement sont semblables en ce qu'elles produisent une diminution de l'énergie par suite de la dispersion, en la convertissant soit en chaleur, soit en énergie rayonnante.

D'une façon générale, étant donnée une certaine longueur d'onde, les amplitudes du résonateur varient en raison inverse de son décrément; ceci n'est vrai, cependant, que lorsque l'amortissement dépend uniquement de la loi de Joule, car dans ce cas il n'y a pas de rapport entre l'amortissement du résonateur et la capacité d'absorption de l'énergie de la part des ondes qui le frappent. Les choses se passent tout autrement dans le cas de l'émission. On sait que la susceptibilité d'un corps de recevoir les ondes est proportionnelle à sa capacité d'émission; c'est ainsi que le diaphragme d'un récepteur téléphonique devient utilisable dans le gramophone. Une antenne, susceptible de bien recevoir les ondes à la station réceptrice du télégraphe sans fil, peut également servir pour l'émission des ondes (2). De deux résonateurs, dont les décréments sont différents, celui dont le décrément est plus grand peut atteindre des amplitudes plus grandes; son coefficient d'émission étant plus grand, le résonateur absorbera plus d'énergie.

L'amortissement peut aussi avoir une action nuisible dans le phénomène de la résonance, s'il s'agit de l'exactitude de l'accord.

L'amplitude du résonateur, toutes choses égales d'ailleurs, dépend de la période de ses propres oscillations; cette amplitude est maximum au moment de l'égalité de la période du résonateur et de celle des ondes du vibrateur (cas de consonance ou de l'isochronisme). Quand on s'en écarte, l'amplitude diminue; la vitesse de cette diminution varie suivant le résonateur, et la période de la consonance est inversement proportionnelle à la valeur de l'amortissement. En effet, lorsque l'amortissement a une valeur indéfinie, le corps à chaque instant se trouve dans la position d'équilibre et toujours prêt à recevoir les impulsions extérieures apportées par les ondes : on peut dire que ce corps est en consonance avec toutes les périodes; par suite, un résonateur dont le coefficient d'amortissement est très grand ne peut être bien accordé : il répond avec la même amplitude aux ondes de périodes différentes. C'est ainsi que la boîte d'un instrument à cordes, une membrane, répondent presque également bien à des notes de hauteurs très différentes, tandis qu'un diapason d'acier permet de constater aisément le phénomène de la résonance, c'est-à-dire qu'il acquiert l'amplitude maximum très distinctement au moment où la fréquence des ondes qui le frappent est très voisine de la fréquence de ses vibrations propres. Il faut remarquer, cependant, que l'amplitude de la consonance dépend encore de la valeur absolue de la période. Bjerknes a montré qu'étant donnée une certaine longueur d'ondes, cette amplitude est proportionnelle au carré de T; nous n'allons considérer ici que des périodes très voisines. Il est difficile en effet de construire des résonateurs semblables entre eux, mais dont les périodes soient très différentes. Si, par exemple, on convient de considérer des conducteurs géométriquement semblables, mais de période différente, il va falloir tenir compte du fait que, par suite de la diminution des quantités R et L (formule 2), l'amortissement suivant la loi de Joule va être moindre dans le plus grand conducteur.

En interchangeant les rapports géométriques de ces conducteurs, on aurait probablement changé la valeur de l'émission (formule 3); de plus, pour une valeur déterminée de A, les ondes de période plus grande représentent moins d'énergie.

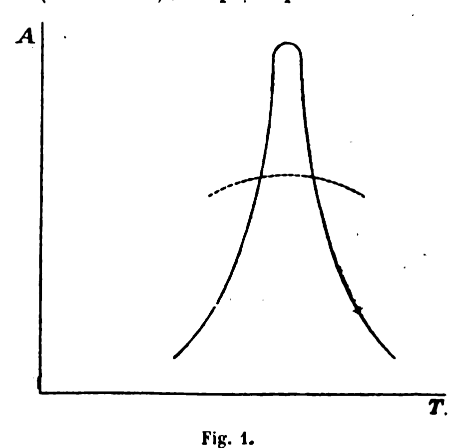


Fig. 1.

La courbe pleine de la figure 1 représente la résonance,

(1) Bjerknes, *Dämpfung Schneller electrischen Schwingungen*, 44, 1891.
(2) *Absorption und Emission electrischer Wellen*, Planck.

accompagnée d'une petite valeur de l'amortissement du résonateur, la courbe en pointillé correspond à un grand amortissement. D'après ce qui précède, de deux résonateurs en consonance dont les décréments sont égaux, c'est celui dont l'amortissement provient surtout de l'émission qui prendra la plus grande amplitude. Il serait hardi d'affirmer que le pouvoir d'absorption d'un corps augmente quand on approche de la consonance.

Supposons un résonateur dont le coefficient d'amortissement est très petit; supposons aussi que ses oscillations ne soient accompagnées d'aucune cause de frottement : nous aurons alors le droit d'attribuer l'amortissement au faible pouvoir d'émission, dont dépend l'absorption de l'énergie des ondes par le résonateur.

Un tel résonateur va accumuler l'énergie, ainsi absorbée en quantité considérable, son amplitude étant supposée infinie à la limite. Prenons un exemple de l'acoustique : un résonateur, réduit à une plaque très mince, laisse passer à côté une grande partie d'ondes qui le frappent perpendiculairement; une certaine partie de l'énergie de ces ondes est absorbée par le résonateur, tandis que l'autre passe à travers.

On sait que, lorsque des ondes sonores traversent une portion de l'espace, les particules d'air déplacées par ce passage sont animées tantôt d'une vitesse maximum dans un sens (position d'équilibre, phase d'énergie cinétique), tantôt, après un quart de période, elles se précipitent vers une zone de condensation (phase de l'énergie potentielle), tantôt après une demi-période, les particules sont soumises au maximum de vitesse en sens inverse du précédent, pour arriver enfin à la phase de déformation.

Supposons un résonateur soumis successivement à toutes ces phases; il ne pourra emprunter de l'énergie dans les phases de la forme potentielle, puisqu'à ce moment, d'un côté comme de l'autre, les particules se déplacent avec des vitesses dirigées en sens inverse. L'absorption de l'énergie n'aura lieu qu'aux moments qui correspondent aux phases cinétiques. On est ainsi conduit à admettre que les oscillations du résonateur sont en coïncidence de phase avec les ondes; dans ce cas, la vitesse de son passage par la position de l'équilibre ne peut dépasser le maximum de vitesse des particules d'air. Ceci semble être en contradiction avec l'amplitude illimitée du résonateur de faible amortissement. En réalité, au moment de la consonance le résonateur est en retard d'un quart de période par rapport aux ondes qui le font vibrer; lorsque ces vibrations cessent, le résonateur reçoit un choc de la part de particules avoisinantes et, au lieu de commencer à retourner vers son état d'équilibre avec une vitesse initiale égale à 0, il reprend son chemin avec une certaine vitesse, ce qui augmente son amplitude.

Quant à l'amplitude maximum du résonateur, c'est-à-dire l'état stationnaire de la résonance, celle-ci a lieu en un temps infini, puisque le résonateur n'est pas sujet au phénomène de l'amortissement; le résonateur va donc disperser son énergie aussitôt après qu'il l'aura reçue, et il va atteindre son état stationnaire dès le premier moment. Il s'en suit que plus grand sera l'amortissement, plus vite aussi le résonateur va atteindre cet état. La vitesse sera représentée ici par le nombre plus petit de périodes; la valeur absolue de l'intervalle de temps avant le commencement de l'état stationnaire ne dépend, bien entendu, que de la période [1].

Si les ondes allant au résonateur s'éteignent d'elles-mêmes ou, ce qui revient au même, lorsqu'elles sont émises par la source en train de s'éteindre, l'état stationnaire de la résonance ne peut s'établir; après avoir atteint l'amplitude maxima, le résonateur ne peut la maintenir, puisque l'onde suivante apporte moins d'énergie; on arrive à cette amplitude d'autant plus vite que l'amortissement est plus grand.

Nous devons à Bjerknes la formule de l'amplitude maxima de la résonance ;

$$A_{max} = \frac{B}{4\pi}\frac{T^2}{\gamma}\left(\frac{\delta}{\gamma}\right)^{\frac{\delta}{\gamma-\delta}}$$

dans laquelle B représente l'amplitude de l'action de l'onde sur le résonateur et δ le décrément de l'onde; cette formule montre que l'amplitude maximum ne varie pas s'il y a échange de décréments entre l'onde et le résonateur [2].

Lorsque la période du résonateur ne coïncide pas avec celle des ondes, la première impulsion reçue par le résonateur va communiquer à celui-ci ses propres vibrations, auxquelles vont s'ajouter les impulsions ultérieures des ondes. Les vibrations propres du résonateur, pendant lesquelles celui-ci va être en différence de phase avec les ondes, vont disparaître et des oscillations propres du vibrateur vont enfin s'établir.

Si la période du vibrateur est plus courte que celle des ondes, la différence de phases entre ses oscillations et celles des ondes tend vers zéro; dans le cas contraire, la limite est $\frac{T}{2}$; c'est la cause mécanique de l'augmentation et de la diminution de la période du résonateur; elle explique la dissymétrie de la courbe de la figure 1 [3].

A partir du moment de l'établissement de la période stationnaire de la résonance, le résonateur peut vibrer sans amortissement. Cette seule condition suffit pour que la période de la consonance soit plus petite que celle du résonateur. Le résonateur est alors isochrone par rapport au vibrateur. Si, en cas de dissonance, le résonateur reçoit des ondes (amorties), il devient inutile de négliger ses oscillations; elles auront lieu en même temps que

[1] D'après les recherches de Kohlrausch les résonateurs de notre appareil auditif arrivent à l'état de vibrations stationnaires après 16 périodes. *Ueber Töne, die durch eine begrenzte Anzahl von Impulsen erzeugt werden. Ann. d. Phys.*, 1880.

[2] M. Wien, *Ueber die Verwendungen der Resonanz bei der drathlosen Telegraphie. Ann. d. Phys.*, 8, 1902.

[3] La portion de cette courbe située à gauche de la verticale doit être moins inclinée que la partie droite.

les oscillations forcées, et les deux oscillations formeront ce qu'on appelle en acoustique les battements.

La figure 2 montre, dans le cas de battements, les variations de l'amplitude par rapport au temps; le

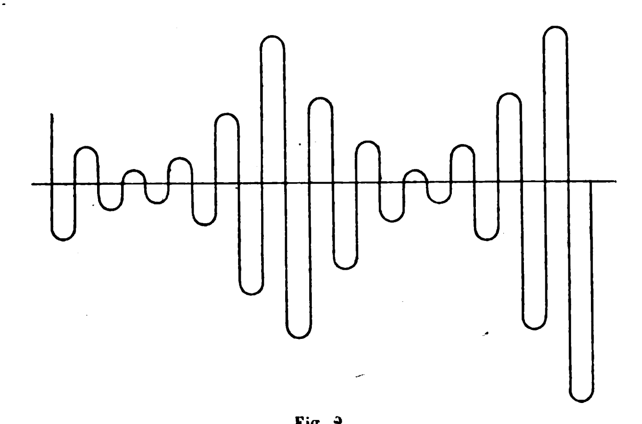


Fig. 2.

maximum de cette amplitude est répété avec une fréquence N, qui est la différence entre les fréquences correspondant aux ondes et au résonateur.

Influence réciproque du vibrateur et du résonateur. — Considérons un cas du domaine de l'électricité; supposons un système dans lequel les oscillations seront liées par induction à un autre système. Ces deux systèmes auront pour mesure commune le coefficient d'induction mutuelle, d'autant plus grand qu'il y aura un plus grand flux de force mis en jeu de part et d'autre.

Les courants induits dans l'un des systèmes sont la cause de l'affaiblissement de champ dans l'autre, et la la self-induction des deux systèmes se trouve diminuée ainsi que leur période. D'autre part, puisqu'un des deux systèmes conduit pour ainsi dire l'autre, l'amortissement et la période augmentent (formule 3); il en résulte deux périodes dans chaque système.

Si l'amortissement est insignifiant ou égal dans les deux cas, les oscillations résultantes seront accompagnées d'amortissements égaux. Les oscillations de périodes différentes ayant lieu dans un même système se manifestent l'une par rapport à l'autre à des moments différents : il en résulte un battement, c'est-à-dire l'addition ou la soustraction des amplitudes; en cas d'égalité de deux amplitudes le résultat est nul (fig. 2). Ces moments doivent avoir lieu tantôt dans l'un, tantôt dans l'autre système; autrement on ne saurait à quoi attribuer la dispersion de l'énergie au moment où l'énergie mise en jeu par les oscillations dans les deux systèmes devient égale à zéro. Il y a donc transmission de l'énergie d'un système dans l'autre; ce fait peut servir pour l'explication du phénomène de la résonance en général.

Étant donné deux systèmes liés entre eux et identiques, dont un seulement reçoit l'énergie d'oscillation; si cette énergie subit un partage, les amplitudes de l'un des systèmes augmenteraient aux dépens de l'autre et réciproquement, résultat absurde; tandis que l'hypothèse de passage de l'énergie d'un système dans l'autre est d'accord avec le principe de la conservation. Mais alors les oscillations dans chaque circuit ont lieu suivant la loi des battements (fig. 2), lesquels peuvent être envisagés comme étant le résultat de l'addition de deux périodes, qui deviennent un moyen de décomposition d'un genre spécial d'oscillations avec des amplitudes périodiquement variables. Si au lieu d'envisager des systèmes identiques, on considère d'autres systèmes isochrones, c'est-à-dire d'amortissements différents, l'énergie va tendre vers celui dont l'amortissement est le plus grand, de sorte que la différence $\alpha_1 - \alpha_2$ va apparaître comme étant la cause qui empêche les battements, en agissant en sens inverse du coefficient d'induction mutuelle.

Lorsque la liaison est suffisamment faible, des systèmes exactement isochrones gardent la même période. Supposons, en effet, deux systèmes liés isochrones, dans lesquelles L et C sont différents, de telle sorte que $L_1C_1 = L_2C_2$.

Soit $\frac{CU^2}{2}$ l'énergie initiale du vibrateur; si l'on ne veut point tenir compte de l'amortissement, à la première oscillation, cette énergie va se trouver dans l'autre système dont le potentiel sera :

$$U_2^2C_2 = U_1^2C_1,$$

c'est-à-dire :

$$U_2 = U_1\sqrt{\frac{C_1}{C_2}} = U_1\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}. \qquad (6)$$

On peut ainsi obtenir l'élévation du potentiel au moyen de la résonance de systèmes liés, si la capacité du vibrateur est plus grande que celle du résonateur.

Si l'on veut tenir compte de l'amortissement, l'expression (6) doit être multipliée par $e^{-\omega p}$, ω étant l'amortissement du système étroitement lié, égal à $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$, et p le temps entre le commencement du phénomène et le moment de l'amplitude maxima dans le second circuit.

On voit que des systèmes isochrones, liés entre eux assez étroitement, peuvent se désaccorder; il en résulte une action réciproque par laquelle la période la plus longue va être augmentée, tandis que la plus courte sera raccourcie. De tels systèmes, au lieu de s'approcher, s'éloignent au contraire de l'isochronisme, et ils s'en éloignent d'autant plus que la liaison est plus intime, l'amortissement dans de tels systèmes ayant des valeurs très différentes. Si la liaison n'est pas très grande, les vibrations du système qui s'amortit plus facilement disparaissent dès le commencement, et les deux systèmes ne gardent que les vibrations, modifiées en période et en décroissement, de celui des systèmes dont l'amortissement est moindre.

a. *Cas d'un diapason.* — Lorsqu'un diapason en vibration est placé sur une table, il se produit une liaison entre un système de petit amortissement et un autre système de grand amortissement; l'amortissement du diapason aug-

mente tandis que celui de la table diminue; l'émission de l'énergie a lieu dans un temps plus court, mais les ondes augmentent d'amplitude.

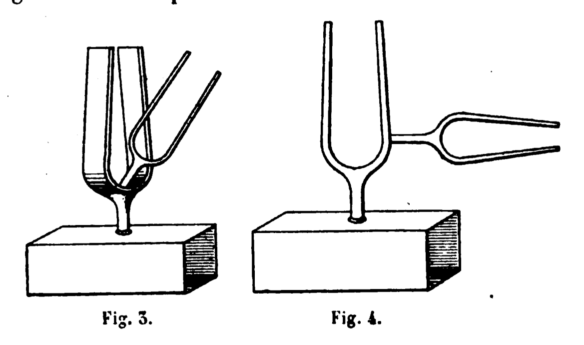


Fig. 3. Fig. 4.

b et c. *Cas de deux diapasons.* — Si le diapason en vibration est fortement appuyé contre un autre isochrone avec le premier, on peut entendre des battements. Les amortissements diffèrent moins que dans le cas précédent. Si le même diapason était appliqué à des points différents d'une des branches de l'autre placé sur la boite, celui-ci se mettrait également à vibrer, mais par suite de la liaison trop faible on n'entendrait aucun battement; le son maximum va être produit au moment où le premier diapason va toucher l'autre à sa partie inférieure (fig. 4), à l'endroit qui correspond à un des nœuds. Ceci est d'accord avec la théorie de Helmholtz [1], d'après laquelle, des vibrations étant forcées dans le nœud, il y a maximum d'effet dans le résonateur.

d. Un morceau d'ouate, placée entre les branches du diapason, amortit le son dans un temps très court; c'est le cas de transmission de l'énergie dans le sens du système, qui est en train de s'amortir.

e. *Oscillations électriques.* — Un conducteur de section rectangulaire, présentant une solution de continuité et fermé sur un condensateur, présente une certaine période déterminée par un résonateur, constitué d'une façon semblable (bouteille de Leyde). Si dans le voisinage de ce vibrateur, de l'autre côté du résonateur, on place une feuille métallique, le résonateur va indiquer la diminution de la force de dispersion, ainsi que de la période de vibration du vibrateur [2].

Dans cette expérience, le vibrateur et l'écran représentent un système lié, dans lequel un des circuits (les courants de Foucault dans l'écran) a une période et un amortissement moindres.

Historique de l'étude de la résonance dans des systèmes à liaison. — Dans sa théorie du son, lord Rayleigh considère le cas du résonateur sphérique de Helmholtz, réuni par un tube avec un autre résonateur de même dimension : un tel système présente d'abord la période propre à chaque résonateur pris séparément et une autre période d'ordre plus élevé et différant de chacun d'eux, d'autant plus que le tube de liaison est plus gros. Ce cas diffère du précédent en ce que les deux systèmes

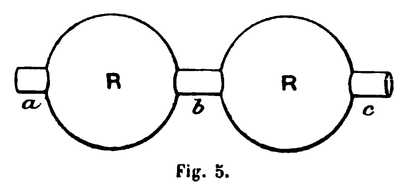


Fig. 5.

reçoivent les impulsions extérieures pour les tubes *a* et *c* (fig. 5).

Lord Rayleigh considère encore le cas représenté dans la figure 6; il arrive à la conclusion que tout système lié présente deux périodes, dont l'une est 1,6 fois plus longue et l'autre 1,6 fois plus courte que la période

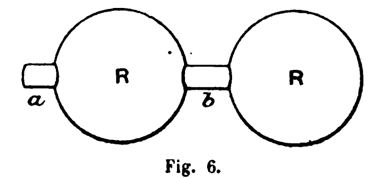


Fig. 6.

naturelle de chacun des résonateurs, à la condition que les tubes *a* et *b* soient égaux entre eux.

Lord Rayleigh fait une distinction bien nette entre ce phénomène et la production des harmoniques, production possible dans un système quelconque.

La même question est d'ailleurs discutée dans le travail de Oberbeck [1], dans lequel l'auteur développe la théorie du transformateur Tesla, dont les effets puissants furent présentés à Berlin.

Cet appareil (fig. 7) présente schématiquement deux circuits liés par une self-induction, dont l'un est le siège des oscillations électriques. Ayant substitué le dispositif de la figure 8 à celle de la figure 7, Oberbeck a démontré

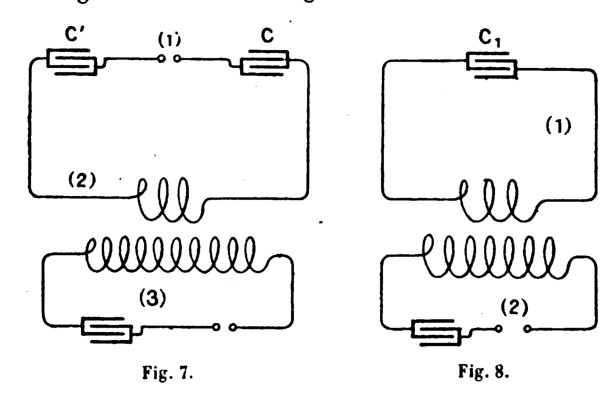


Fig. 7. Fig. 8.

que, dans le cas de la dissonance entre les circuits (1) et (2), le désaccord entre les deux systèmes continue, et que ce désaccord est d'autant plus accentué que les systèmes se rapprochent d'avantage de l'isochronisme; il est d'ailleurs proportionnel au coefficient de self-induction (*L*)

[1] *Verlesungen ueber die Mathematischen Principien der Akustik*, 1898.

[2] W. Lebedinsky, Sur la diminution de la période des oscillations électriques. *Journal de physique*, février 1905.

[1] *Ueber den Verlauf der Electrischen Schwingungen*, *Ann. d. Phys.*, 55, 1895.

et à la capacité. Ainsi, pour l'appareil Tesla avec des circuits isochrones ($L = 1000$ cm, $C = 10^{-18}$ unités C.G.S. électromagnétiques, $R = 0{,}01$ ohm, et $L_2 = 25000$, $C_2 = \frac{1}{25} \cdot 10^{18}$, $R_2 = 1$ ohm, $T = 19{,}86 \cdot 10^{-8}$ secondes), Oberbeck avait obtenu des périodes : $T_1 = 25{,}2$ et $T = 12{,}6$ cent-millièmes de seconde. Ainsi fut établie la relation entre U_2 et le rapport de capacités (formule 6).

Oberbeck n'ajoute cependant pas assez d'importance aux battements, nécessaires pour l'établissement de cette loi, laquelle fut complétée plus tard par Domalip et Kolacek [1] à la suite des expériences qui conduisirent aux constatations suivantes : l'étincelle dans le circuit secondaire et par suite U_2 augmente, U_1 étant constant, la valeur de C_1 étant quelconque, si C_2 augmente, l'étincelle devient maximum si les circuits sont en isochronisme.

La théorie montre que, si la liaison est très étroite, l'isochronisme permet d'obtenir toutes les valeurs de périodes, et par conséquent le maximum de battements en nombre.

Dans le courant de la même année, le prince Golitzine a démontré théoriquement l'existence de plusieurs périodes dans un système de vibrateurs liés; il applique ensuite cette théorie à l'explication de quelques phénomènes de l'analyse spectrale, ainsi qu'à l'étude des forces moléculaires, en supposant que les particules des corps peuvent être assimilées à des vibrateurs électriques [2].

Presque à la même époque le physicien hongrois Geitler [3], aborda la question de vibrateurs composés, c'est-à-dire de vibrations dans un système de circuits liés entre eux. Sans nous arrêter aux considérations purement théoriques, nous allons nous borner à citer le passage suivant : « un système n de vibrateurs de Hertz, agissant les uns sur les autres, symétriques par rapport à un plan, peut présenter au plus n périodes de vibrations différentes, distinctes des n périodes, appartenant à chaque circuit séparément » (p. 426). Geitler démontre la possibilité d'employer sa théorie à l'explication de lignes spectrales, en considérant, par exemple, deux raies voisines du spectre au point de vue de deux périodes d'un système de deux vibrateurs liés. Quant au schéma de Tesla, Geitler croit que le schéma de la figure 7 présente en effet trois périodes en rapport avec les trois circuits qui le composent.

Un travail de Max Wien [4] est également consacré aux lois générales sur les actions réciproques entre le résonateur et le vibrateur; dans un autre ouvrage, les mêmes lois sont appliquées à la télégraphie sans fil système Braun.

Wien considère trois sortes de relations entre des systèmes oscillants électriques, analogues aux trois moyens de liaisons de systèmes élastiques.

1° Liaison de l'accélération (induction mutuelle) systèmes (2) et (3) (fig. 7).

2° Liaison de forces, lignes de forces électriques (1) et (2) (fig. 7).

3° Liaison des frottements. L'auteur ajoute une importance spéciale à la liaison magnétique.

Les stations de transmission et de réception du système Braun présentent des schémas précisément de cette forme. Wien considère en particulier les cas de forte et de faible liaison. Il est bon de se faire ici une idée de la mesure exacte de la liaison magnétique; l'induction mutuelle avec le coefficient M est la mesure de la force avec laquelle les deux systèmes agissent l'un sur l'autre; l'accélération électrique qui a lieu dans ce cas est inversement proportionnelle à l'inertie du système, c'est-à-dire à L, l'action de la liaison est donc mesurée dans le premier système par la quantité

$$K_1 = \frac{M}{L_1},$$

dans le second par

$$K_2 = \frac{M}{L_2},$$

la liaison est donnée par la formule

$$K = \sqrt{K_1 K_2} = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}.$$

A la station de transmission, le système fermé (fig. 9) sert de vibrateur, dont les émissions sont très faibles

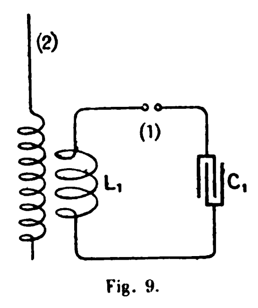


Fig. 9.

(voy. p. 416), le résonateur est constitué par l'antenne rectiligne de forte radiation; le système fermé est appliqué à l'antenne à l'endroit où se trouve son nœud.

Soit (expérience de Wien) :

$$L_1 = 10^{-6} \text{ henry}, \quad C_1 = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ microfarads};$$

ce sont là des systèmes isochrones, avec les conditions

$$T = 10^{-6} \text{ secondes} \; ; \; \gamma_1 = 0{,}5 \; ; \; \gamma_2 = 0{,}25.$$

Si la liaison est étroite, $K > \alpha_1 - \alpha_2$, le système composé présente un grand amortissement (formule 4); mais dans le cas (2) on obtient une tension U_2, 10 fois plus forte que U_1. La longueur de l'étincelle dans le circuit (1) étant de 1 cm, ce qui correspond à une tension d'environ $3{,}10^4$ volts, on a $U_2 = 300\,000$ volts. Grâce à cette tension

[1] *Studien ueber electrische Resonanz. Ann. d. Phys.*, 57, 1896.
[2] B.-B. Golitzine, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, mai et juin 1895.
[3] *Hertzsche Wellen*, 57, 1896.
[4] *Ueber die Vervendung der Resonanz bei der drahtlosen Telegraphie. Ann. d. Phys.*, 8, 1902.

la radiation est très active; d'après Wien, trois périodes sont suffisantes pour que la perte soit $\frac{1}{3}$ de l'énergie du système (1), égale à

$$\frac{C_1U_1^2}{2} = \frac{25 \cdot 10^{-7} \cdot 9 \cdot 10^8}{2} = 11 \text{ joules.}$$

Dans ces conditions la radiation est exprimée par l'énorme puissance de $\frac{11}{3,3 \cdot 10^{-6}}$ watts, soit 1200 kilowatts environ. Une telle dispersion de l'énergie peut être avantageusement utilisée lorsqu'il s'agit de distances très considérables.

La station réceptrice du système Braun présente le même dispositif, avec la seule différence que l'antenne devient un vibrateur, tandis que l'étincelle est remplacée par le cohéreur.

Si l'on applique dans ce cas le principe de la liaison étroite, on peut utiliser cette liaison pour augmenter la tension, qui agit sur le cohéreur; par suite, la capacité dans le circuit fermé doit être moindre que dans l'antenne.

Dans l'expérience de Wien $C = 10^{-5}$ microfarads, la self-induction est alors $25 \cdot 10^{-4}$ henry et la tension aux bornes du cohéreur devient 2,7 de celle de l'antenne. Cette petite capacité diminue l'amortissement de tout le système du récepteur; elle diminue, en vertu de la liaison, l'amortissement de tout le système et permet l'accord plus facile de l'installation; mais, grâce à l'amortissement très grand à la station de transmission, cette facilité de l'accord ne dépasse guère les avantages que présenterait une station composée de deux antennes, dont l'une est connectée avec l'étincelle, l'autre avec le cohéreur. Cependant, puisque la tension se trouve augmentée 30 fois (10 . 2,7), il en résulte plus de facilité pour les transmissions à grande distance.

On arrive à un résultat contraire dans le cas de liaisons faibles ($K < \alpha_1 - \alpha_2$); les décréments des circuits vibrants, tout en s'approchant l'un de l'autre, restent différents; par suite, l'une des deux vibrations de chaque circuit s'amortit rapidement en perdant une certaine quantité d'énergie.

Étant donné un radiateur, composé à faible liaison, il faut employer un circuit fermé avec un amortissement aussi petit que possible. Wien employait $L = 5 \cdot 10^{-5}$ henry, $C = 4,7 \cdot 10^{-4}$ microfarads; il obtenait ainsi des vibrations d'amortissement très lent, dont l'amplitude n'était que $\frac{1}{10}$ du potentiel de l'étincelle du circuit (1). Un tel système ne peut donc pas être utilisé pour des grandes distances; il permet cependant l'accord très exact du récepteur, d'où la possibilité de la transmission simultanée de dépêches avec des fréquences bien déterminées, mais différentes.

On conçoit aisément que l'amortissement du récepteur doit aussi être très petit, pour qu'il soit possible de profiter des avantages que présente le transmetteur, c'est pourquoi ce dernier doit aussi appartenir au système de liaisons faibles.

En 1904, Drude [1] publia une étude de la résonance de systèmes liés au point de vue du flux magnétique. Il commença aussi par l'étude approfondie d'un transformateur Tesla, qui consiste en une bobine fermée sur une grande capacité, et dont les vibrations sont induites dans le circuit secondaire, composé d'une seconde bobine sans noyau placée au milieu de la première.

Pendant l'étude du phénomène de liaison magnétique, Drude avait obtenu les mêmes résultats que précédemment, mais il remarqua de plus le cas de liaison (K voisin de l'unité) où le phénomène de battement disparaît, en donnant place à l'accord exact de la consonance. Mais l'auteur de ces expériences n'est pas sûr du dernier résultat; en effet, la valeur de K n'approche de l'unité que lorsque le coefficient de self-induction et celui de l'induction mutuelle sont presque égaux entre eux, c'est-à-dire lorsque tout le champ magnétique de l'un des circuits est enveloppé par l'autre; ceci n'est possible que dans le cas des enroulements de bobines : en réduisant dans des larges mesures la longueur de l'antenne, on obtiendrait une radiation insuffisante.

Après avoir démontré le rôle important qu'avait joué dans l'étude du phénomène de la résonance le dispositif imaginé par Tesla, l'auteur considère le système Braun comme un cas particulier de ce dispositif; il rappelle en outre que les expériences de Knochenhauer [2] ont déjà en quelque sorte ouvert la voie à la résonance électrique, mais les résultats obtenus à cette époque ne furent pas compris par l'expérimentateur.

Il paraît incontestable qu'un système de deux circuits isochrones, intimement liés entre eux, présente deux périodes; ceci est confirmé par de nombreuses expériences, d'accord d'ailleurs avec le principe de la conservation de l'énergie.

On pourrait croire que l'étude des systèmes liés conduirait à la théorie bien connue mais incomplète du transformateur du courant alternatif. En effet, la formule (6) semble établir seulement que U_2 diffère de U_1 d'un facteur égal au coefficient de transformation, lequel est à peu près égal à $\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$; ceci n'est dû qu'à une coïncidence de résultats : 1° une théorie fausse ne saurait fournir une explication de la valeur de la résonance dans le système Tesla; 2° d'après la théorie actuelle, L_2 et L_1 ne représentent pas les coefficients d'induction dans les enroulements, mais dans les circuits entiers, par conséquent $\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$ n'exprime pas le rapport des nombres de tours du transformateur; 3° il faut chercher à corriger l'erreur généralement admise et qui consiste à attribuer à U_2 des valeurs supérieures à celles que demande la formule (6).

(1) *Ueber die inductive Erregung zweier electrischen Schwingungskreise*, 13, 1904.

(2) Domanlip und Kolacek, *Studien ueber electrische Resonanz*, 57, 1896.

La théorie actuelle admet le déplacement de l'énergie dans le circuit secondaire; si ce déplacement est accompagné d'un arrachement très considérable de lignes de force (radiation), le dispositif de Tesla présenterait un moyen de dispersion de l'énergie extrêmement rapide en même temps qu'un moyen de production d'effets extérieurs de puissance considérable, quoique de très courte durée. Les radiations qui accompagnent un conducteur soumis aux vibrations électriques ont encore été peu étudiées, bien qu'une telle étude présente un grand intérêt, ne fut-ce qu'au point de vue des réseaux électriques ordinaires.

Des expériences directes montrent le rapport qui peut exister entre l'étincelle et la radiation; l'étude de cette étincelle dans le circuit des vibrations qui fut l'objet de recherches toutes récentes, joue un rôle très important dans la question qui fait l'objet du présent article.

(*Electritchetsvo*). W. LEBEDINSKI.

(Traduit par C. D. KOUBITZKI).

EXPÉRIENCES

SUR LA

RÉDUCTION DE DIFFÉRENTS OXYDES DE PLOMB

PAR LE COURANT ÉLECTRIQUE

La recherche du meilleur parti à tirer des déchets de fabrication et d'utilisation des batteries d'accumulateurs a conduit M. Lodyguine à étudier la possibilité d'extraire électriquement le plomb du peroxyde qu'ils contiennent, au lieu d'être obligé de s'en défaire à vil prix.

Une suite de raisonnements l'a amené à la composition suivante du mélange le mieux indiqué à cet effet :

Peroxyde de plomb, PbO^2, en g.	200,0	
Chlorure de sodium, NaCl, en g.	100,0	
Acide sulfurique monohydraté, H^2SO^4, en g.	131,5	Solution H^2SO^4
Eau, H^2O, en g.	168,5	à 30° B.

D'autre part un vase de verre à électrodes de plomb fut disposé comme le montre la figure 1 pour recevoir ce mélange.

a est l'électrode négative; *b*, l'électrode positive; *c* et *d* sont les conducteurs isolés reliant les électrodes à la source de courant; *e*, le mélange en question et *f*, une partie du liquide du mélange. Un conduit *h* adapté à un couvercle *g* permet l'échappement des gaz.

Le mélange étant introduit dans l'appareil, la partie liquide versée par-dessus et le tout brassé à l'aide d'un agitateur de verre, le chlore commença à se dégager par la tubulure *h*.

La libération du chlore s'arrêta bientôt, l'acide sulfurique ne pouvant pas continuer à se substituer à l'acide chlorhydrique dans le chlorure de sodium sans l'intervention de la chaleur ou d'un courant électrique.

Mais, dès que le courant électrique traversa le mélange, il se produisit un violent dégagement de chlore et il se

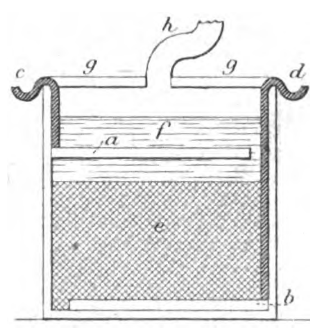


Fig. 1.

manifesta dans le mélange solide une formation de chlorure de plomb.

Au bout d'un certain temps, dépendant de la densité du courant, on reconnut la formation d'un sulfate de plomb.

Quelque temps après apparut de la litharge et finalement, à un certain point de la réaction, le mélange contenu dans le vase présenta l'apparence indiquée par la figure 2.

a y est l'électrode positive; *b*, du PbO^2; *c*, du PbCl; *d*, de la litharge; *n*, du $PbSO^4$; *e*, du sous-oxyde de

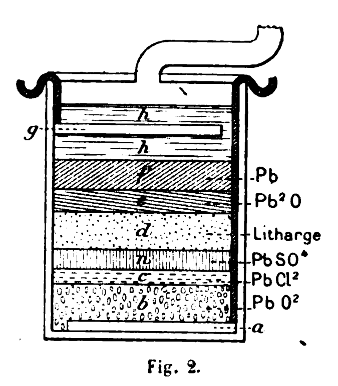


Fig. 2.

plomb Pb^2O; *f*, du plomb spongieux; *g*, l'électrode négative; *h*, la partie liquide du mélange.

Cette stratification très distincte et très nette présentait un aspect extrêmement intéressant. A la fin de l'expérience on pouvait suivre l'augmentation et la diminution d'épaisseur des différentes couches et leur transformation de l'une dans l'autre. Finalement il ne resta dans le vase que du plomb spongieux, résultat de la transformation de tout le mélange.

Afin d'établir la valeur commerciale de ce traitement, M. Lodyguine s'est livré à une série d'expériences semblables avec des densités différentes de courant.

Chaque électrode avait 1 dm^2 de surface.

Les résultats numériques de ses expériences sont résumées dans le tableau suivant :

DENSITÉ DE COURANT EN A : DM².	TENSION EN VOLTS.	PUISSANCE EN WATTS.	MASSE EN GRAMMES.	TEMPS EN HEURES.	MASSE SPÉCIFIQUE	
					EN G : A-H.	EN G : W-H.
10	4,35	43,5	172,5	11,5	1,50	0,345
8	3,85	30,8	138	11,0	1,50	0,378
6	3,20	19,2	138	14,0	1,64	0,514
5	3,00	15,0	138	16,0	1,73	0,575
4	2,70	10,8	138	18,5	1.87	0,691
3	2,40	7,25	69	11,5	2.00	0,833
2	2,07	4,14	69	15,5	2,25	1,075
1	1,71	1,71	46	18,5	2,50	1,454
0,5	1,55	0,775	46	33,5	2,75	1,77
0,2	1,45	0,290	23	38,0	3,00	2,10

La masse indiquée est celle de tout le plomb libéré dans l'expérience.

Pour une densité de courant de 0,2 ampère par décimètre carré, la masse spécifique de plomb déposée est, comme on le voit, de 2,1 g par watt-heure et de 3 g par ampère-heure.

L'équivalent électrochimique du plomb est de 3,8581 g : A-h.

Au taux de 2,1 g par watt-heure, il faut environ 480 kw-h pour extraire du peroxyde de plomb 1000 kg de plomb pur, et, au prix de 75 fr le kw-an, le coût d'extraction des 1000 kg de plomb pur ressort ainsi à 4,50 fr environ.

On voit que le coût du courant ou de l'énergie électrique peut monter beaucoup avant de devenir excessif pour cette application. E. B.

(D'après les *Comptes rendus de la Société électrochimique américaine*, 1905.)

ÉLÉMENT DE PILE-ÉTALON DE BASSE TENSION

MM. W. Jæger (1) et H.-C. Bijl (2), en étudiant la f. é. m. d'amalgames de cadmium, ont reconnu que, aux températures ordinaires, tous les amalgames contenant de 5 à 14 pour 100 de cadmium possédaient la même f. é. m. (pour une électrode constante quelconque), et le travail de Jæger permet de conclure qu'on peut augmenter de 5 à 14 pour 100 la proportion de cadmium sans que la f. é. m. varie de ± 0,000001 volt.

On sait d'ailleurs que les amalgames de cadmium, entre ces limites de proportions, comportent une phase solide et une phase liquide, et, d'après un grand nombre d'analyses, Kerp et Böttger ont assigné au corps solide la composition Cd^2Hg^7. D'autre part, Bijl démontre, dans le travail ci-dessus mentionné, que le corps de la phase solide est un cristal mixte. A 25°, ce cristal apparaît quand la proportion de cadmium atteint 5,3 pour 100, et, à partir de ce point jusqu'à 15 pour 100 de cadmium, sa composition et sa f. é. m. restent constantes.

A 50° la plage de constance s'étend de 10,3 à 18 pour 100 de cadmium.

Ces résultats conduisent, comme l'a indiqué M. Hulett, de l'Université de Michigan, à la dernière assemblée générale (avril 1905) de l'*American Electrochemical Society*, à la possibilité de construire un élément-étalon très simple de basse tension ainsi établi :

Cadmium. Sulfate de cadmium. Amalgame de cadmium à 5-13 pour 100.

Des observations commencées en mai 1904 par M. Geo. Hulett sur cette combinaison, indiquent que sa f. é. m. reste très constante, bien que les éléments aient été établis en différentes fois et avec des matériaux de toutes provenances, étant donné qu'une des électrodes est un métal à l'état solide. L'expérience générale permet en effet de constater qu'il est extrêmement difficile d'obtenir deux électrodes de même métal en concordance; mais l'étude de cet élément montre qu'il n'en est pas ainsi du cadmium obtenu électrolytiquement.

Les seuls matériaux nécessaires sont du sulfate et de l'amalgame de cadmium, l'électrode de cadmium se formant par électrolyse dès l'établissement de l'élément. Cette circonstance permet de donner à celui-ci de très petites dimensions, tout à fait analogues à celles d'un thermomètre.

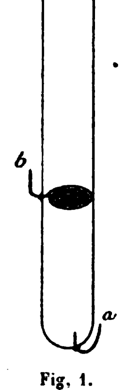


Fig. 1.

La partie en verre (fig. 1) est un tube à mince paroi, de 8 à 10 mm de diamètre, fermé à l'une de ses extrémités que traverse un fil de platine (*a*); 2 ou 3 cm au-dessus de son extrémité fermée est disposée une spirale de platine (*b*), dont un bout traverse la paroi du tube où il est scellé. Ces fils sont soigneusement décapés à l'eau régale avant le remplissage de l'élément.

Pour ce remplissage, on amène la spirale contre la paroi et l'on introduit alors dans la partie inférieure du tube quelque 0,5 cm³ d'amalgame de cadmium à 13 pour 100 de cadmium, que l'on fond, en évitant soigneusement le contact de l'amalgame avec la spirale de platine (fig. 1). On remplit ensuite de cristaux de $CdSO^4 \frac{8}{3} H^2O$ l'espace libre du tube jusqu'à la spirale. On applique alors sur ces cristaux la spirale ramenée normalement à la paroi; on empile encore des cristaux au-dessus et on recouvre finalement ces derniers d'une solution de sulfate de cadmium, ou (puisque la f. é. m. est la même avec ou sans cristaux) on verse directement ladite solution au-dessus de la spirale. On étire ensuite en pointe et l'on scelle la partie supérieure du tube vers 2 cm au-dessus de la spirale de platine. On soude aux fils de platine des conducteurs de cuivre isolés et l'on place la pile ainsi constituée au fond d'un long tube d'essai à mince paroi, de 30 cm de long sur 1,2 cm de diamètre. On recouvre l'élément d'une huile isolante et l'on ferme le tube

(1) *Wied. Ann.*, 65, 106, 1898.
(2) *Zeitsch. f. Phys. u. Chem.*, 41, 662, 1903.

d'essais avec un bouchon qui maintient en même temps en place les conducteurs (fig. 2). Il s'agit alors de former l'électrode de cadmium, ce qui s'effectue à l'aide d'un courant de 0,0005 à 0,002 ampère venant de l'amalgame et déposant du cadmium sur la spirale de platine. Il faut déposer au moins 20 mg; avec une moindre masse, M. Hulett a obtenu récemment des résultats très différents. Un courant de 0,001 A dépose environ 0,002 g de cadmium à l'heure, et la plupart de ses éléments ont été traités avec un courant de cette intensité. Le dépôt est généralement d'un bel aspect cristallin et compact, notamment si le corps solide $CdSO^4 \frac{8}{3} H^2O$ est au voisinage immédiat de la spirale et si les fils ont été préalablement décapés à l'eau régale. Mais un dépôt gris et spongieux dans une solution diluée donne encore une valeur en concordance avec les autres.

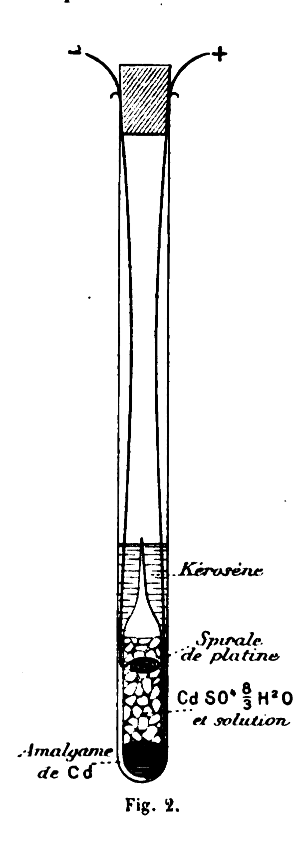


Fig. 2.

La f. é. m. de la combinaison est de 0,05175 volt international, à 20° C. Son coefficient de température est négatif (— 0,000244 par degré) et pratiquement linéaire. Ce coefficient est plus élevé qu'on ne pourrait le désirer, mais l'élément, en la forme ci-dessus, prend sa véritable température dans un temps remarquablement court, en passant d'un bain dans un autre, soit, en général, en moins de 15 minutes. Placé dans un seau d'eau, il suit les changements de température aussi rapidement qu'un thermomètre à mercure, de sorte qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un bain de température constante.

Jæger, non plus que les savants qui l'ont suivi, ne paraissent avoir donné grande attention à cette combinaison dans la proportion indiquée de 5 à 14 pour 100. En mai 1904, M. Hulett construisit trois éléments dans des conditions très analogues aux précédentes, à cela près que 100 mg environ de cadmium furent déposés sur la spirale; l'amalgame avait d'ailleurs une composition originaire telle que, après ce dépôt de cadmium sur la spirale, il en contenait encore 12,5 pour 100. Dans les autres éléments on a employé de l'amalgame à 12,5 pour 100, dont la proportion de cadmium diminua de la quantité déposée sur la spirale. Leur étude a été l'objet d'observations régulières et suivies, à la température constante (sauf pendant une quinzaine de jours) de 25° jusqu'à la fin de mars 1905, époque de la rédaction de ce mémoire.

Quelques-uns de ces éléments ont été constitués avec addition de $Cd(OH)^2$; on pensait obtenir ainsi un dépôt de cadmium plus uniforme; on a également fait le vide, avant scellement, dans trois d'entre eux, tandis que, dans d'autres, l'air enlevé était remplacé, jusqu'à saturation, par de l'azote ou de l'hydrogène. Tous ces éléments ont donné des résultats variables; mais, dans chaque cas, il n'avait été déposé sur la spirale que 10 mg de cadmium, et l'auteur a reconnu, depuis, que ce dépôt est trop faible, quelques éléments, constitués comme ci-dessus, sauf en ce que le dépôt sur la spirale n'était que de 10 mg, présentant les mêmes irrégularités et la même tendance à une constante diminution de f. é. m. Les éléments en question ont été récemment tous déchargés, puis, après renversement du courant, reformés par dépôt de 26 mg de cadmium sur chaque spirale de platine; on les reconnut alors en excellente concordance entre eux, aussi bien que par rapport aux éléments anciens.

Les éléments présentent une f. é. m. élevée quand le cadmium est fraîchement déposé, et le laps de temps nécessaire pour qu'ils prennent leur valeur normale semble dépendre de l'épaisseur du dépôt. Ceux dans lesquels on a fait le vide et ceux saturés de $Cd(OH)^2$ se sont comportés comme les autres, et la f. é. m. élevée des éléments récemment établis n'a pas encore trouvé d'explication.

L'un d'eux a présenté une remarquable constance : quand il a eu atteint sa f. é. m. normale (quinze jours après sa construction), il n'a pas varié de ± 0,000001 volt. Il ne contient pas de $CdSO^4H^2O$ solide, mais l'électrolyte contient deux molécules de sulfate de cadmium par litre. L'auteur espère arriver, par une étude suivie de ses autres éléments, à en obtenir la même constance. La simplicité de la combinaison permet d'employer une forme extrêmement commode et bien supérieure à la forme ordinaire des piles étalons. La construction de l'élément est d'ailleurs une opération relativement aisée, ses matériaux constitutifs étant des substances bien définies et qui s'obtiennent facilement.

Sa faible f. é. m. est une objection pour un étalon primaire; mais un nombre très considérable de travaux, tels que les mesures de température à l'aide d'un couple thermo-électrique, exige l'exacte évaluation de faibles f. é. m. Pour cette opération, il est aisé de construire un potentiomètre avec des appareils qu'on a généralement à sa disposition : un pont à fil et à curseur, de 20 ohms de résistance, une résistance de réglage, une batterie d'accumulateurs et un galvanomètre servant d'instrument de zéro. On ferme le circuit de la batterie sur le pont et la résistance de réglage. On relie le galvanomètre et la pile-étalon en série sur la borne positive du pont et le curseur, et l'on fait varier la résistance de réglage du circuit de la batterie jusqu'à ce qu'on obtienne l'équilibre à 517 mm du pont, par exemple (élément à 20°); alors 1 mm = 0,0001 volt et le pont entier = 0,1 volt.

Le fait que la f. é. m. et le coefficient de température de ces éléments sont indépendants, non seulement de la concentration de l'électrolyte, mais encore de la présence

ou de l'absence de sel solide, les rend particulièrement intéressants. Un élément formé de chlorure de cadmium paraît donner le même résultat. La f. é. m. semble dépendre, non pas de l'électrolyte, mais uniquement des électrodes. L'élément est évidemment réversible, à proprement parler, aux deux électrodes; mais il se polarise et ne peut être employé que dans l'application de la méthode de compensation de Poggendorf. Sa résistance intérieure est très faible. Dans les éléments ordinaires Clark ou au cadmium, cette résistance intérieure est de 600 et 1000 ohms. E. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 4 septembre 1905.

Sur l'influence de l'éclipse solaire du 30 août 1905 sur le champ magnétique terrestre à Paris. — Note de M. Th. Moureaux, présentée par M. Mascart. — A l'occasion de l'éclipse solaire du 30 août, le Bureau central météorologique a établi une station magnétique temporaire à Poissy, sur les conseils et sous la direction de M. Mascart. Les instruments, un déclinomètre et un bifilaire, empruntés à l'observatoire du Parc Saint-Maur, ont été disposés pour l'enregistrement continu des variations, dans des conditions spéciales de sensibilité. Sur la ligne des abscisses, une minute de temps est représentée par un millimètre; en ordonnée, un millimètre vaut 0,8 minute sur la courbe du déclinomètre, et 0,000035 (C. G. S.) sur celle du bifilaire.

Le magnétographe a été installé dans une ancienne carrière de pierre calcaire, à 20 m environ au-dessous du sol et à 70 m de l'ouverture; la température y est rigoureusement constante et égale à 9°,5.

La période d'observation s'étend du 19 août au 2 septembre.

Les résultats définitifs sont nécessairement subordonnés au dépouillement complet des courbes du 30 août et à leur comparaison avec celles de toute la série; on n'en pourra donc donner ici qu'un simple aperçu.

La situation magnétique a été légèrement, mais fréquemment troublée le 30 août, comme la veille et le lendemain. Pendant l'éclipse, la déclinaison a subi plusieurs oscillations perturbatrices, dont l'amplitude extrême est de près de 4'; le minimum le plus accentué s'est produit à $0^h 36^m$, et le maximum à $1^h 54^m$. La composante horizontale est passée également par plusieurs oscillations, avec le minimum absolu à $0^h 6^m$, peu après le commencement de l'éclipse, et le maximum à $2^h 27^m$, quelques minutes avant la fin; l'écart total est d'environ 0,00030 (C. G. S.).

Ces écarts sont de beaucoup supérieurs à la variation diurne régulière pendant le temps de l'éclipse; normalement, en août, la déclinaison ne varie pas de plus d'une minute, et la composante horizontale de plus de 0,00008 entre 0^h et 2^h. Il est à craindre que les irrégularités de la variation diurne, le 30 août, ne soient de nature à masquer, au moins en partie, l'influence de l'éclipse sur le champ magnétique terrestre, influence qui, pendant l'éclipse solaire du 28 mai 1900, s'est traduite, dans la zone de totalité, par une variation de 1 minute au maximum pour la déclinaison, et de 0,00008 pour la composante horizontale.

Au dehors, l'abaissement de la température de l'air à l'ombre, pendant l'éclipse, a été de 1°,5, comme au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux; le minimum s'est produit à $1^h 30^m$, 11 minutes après le moment de la plus grande phase.

Séance du 11 septembre 1905.

Sur quelques propriétés des rayons α du radium. — Note de M. Henri Becquerel. (Voy. les *Comptes rendus.*)

CONGRÈS INTERNATIONAL
DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DE LA MÉCANIQUE ET DE LA GÉOLOGIE APPLIQUÉES

(Liège, 25 *juin*-1er *juillet* 1905.)

SECTION DE MÉTALLURGIE

Nous reproduisons ici les communications faites à ce Congrès et de nature à intéresser les électriciens.

La fabrication électrique de l'acier, par M. Gustave Gin, ingénieur électro-métallurgiste, Paris.

L'évolution de la métallurgie du fer procède maintenant de principes scientifiques dont la rigueur et la précision s'affirment chaque jour davantage. Il en résulte une amélioration rapide des méthodes opératoires et une utilisation plus parfaite des diverses formes de l'énergie pour la réalisation de réactions de mieux en mieux connues.

A ce point de vue, il était naturel que l'énergie électrique, employée à titre purement accessoire dans les usines sidérurgiques, dût briguer bientôt un rôle plus élevé et un champ d'action plus vaste.

Il en a été, du reste, de la métallurgie électrique de l'acier comme de la science même, dont Renan a dit qu'elle n'est « qu'une succession d'inexactitudes se rapprochant peu à peu de la vérité ».

Les premiers appareils étaient imparfaits et peu puissants, et il paraissait dérisoire de comparer les fours électriques avec les convertisseurs Bessemer ou les grands fours Martin.

Ce n'est pas sans humilité que j'entendais, il y a à peine deux ans, un ingénieur des forges de Denain et Anzin me dire, en montrant un groupe de convertisseurs Bessemer : « Vous n'arriverez jamais avec l'électricité à réaliser l'énorme production de ces appareils ».

Nous sommes maintenant certains que cette affirmation sera bientôt démentie, car les expériences menées à bonne fin sont assez nombreuses pour fixer les idées sur le rôle futur et les conditions d'emploi de l'énergie électrique dans la fabrication de l'acier.

Les procédés électriques et les méthodes existantes. — L'électricité, qui est la plus souple, la plus docile, la plus maniable de toutes les formes de l'énergie, doit être généralement considérée comme une énergie de luxe, dont il faut souvent restreindre l'emploi aux seules opérations pour lesquelles elle se montre nettement supérieure ou non remplaçable, et l'on ne peut s'en montrer prodigue que dans les régions privilégiées où les grandes forces hydrauliques permettent de produire à un prix infime une énergie qui ne saurait trouver sur place d'autres emplois immédiats.

La supériorité de l'énergie électrique se manifeste surtout par la haute valeur du rendement d'utilisation et par la précision des opérations.

Le grand rendement thermique des fours électriques a été constaté et expliqué depuis longtemps par la concentration possible des opérations dans un espace des plus réduits.

Dans mon four canal, le dégagement calorifique se produit dans le sein même du métal à affiner, c'est-à-dire dans un milieu qui pèse 7 kg par dcm^3 et qui peut emmagasiner près de 2700 calories entre les températures de 0 et 1800°. Dans le four Martin, les gaz convoyeurs de la chaleur ne pèsent sous le même volume que quelques décigrammes et ne peuvent guère emmagasiner plus d'un quart de calories entre les mêmes limites de température.

Le rapport de concentration thermique des deux milieux est donc comme 1 est à 10 000. Aussi le simple bon sens indique-t-il que les opérations accomplies avec le concours de l'énergie électrique peuvent se réaliser dans des espaces de dimensions très réduites, dont les pertes par émission sont notablement moindres que celles des fours dans lesquels le véhicule thermique est gazeux.

Il est utile de remarquer que le convertisseur Bessemer présente également l'avantage du dégagement calorifique dans la masse même du métal en voie de transformation. On utilise alors la chaleur d'oxydation du carbone, du silicium, du manganèse et du phosphore. En fait, l'énergie dépensée pendant le convertissage avait été fournie par les opérations réductrices du haut-fourneau et subsistait à l'état potentiel dans le métal non affiné. Mais, il faut observer aussi que cette énergie potentielle est en quantité limitée et parfois insuffisante, ce qui nécessite l'introduction de combustibles intermoléculaires empruntés à une source extérieure. Au contraire, dans le four électrique, la source d'énergie est permanente et c'est là un avantage essentiel par rapport aux convertisseurs à vent dans lesquels l'élaboration de l'acier exige, par crainte du refroidissement, l'emploi de réactifs thermogènes et une précipitation incompatible avec la précision que l'on est en droit de souhaiter. Enfin, l'emploi de l'air soufflé introduit certainement dans le bain plus de gaz occlus que l'opération électrique.

Si l'on envisage maintenant le four Martin, on voit encore que certaines opérations sont entravées par le contact du métal avec les masses gazeuses auxquelles il est parfois difficile de donner, en temps opportun, une composition neutre ou réductrice.

Dans le four électrique, au contraire, l'action chimique de l'atmosphère est inexistante, car l'on peut opérer pour ainsi dire en vase clos. Il n'y a, si on le désire, aucune introduction d'air extérieur et les gaz intérieurs proviennent simplement des réactions oxydantes qui ne peuvent fournir d'autre gaz que l'oxyde de carbone.

Les réactions pertubatrices sont donc réduites au minimum tandis que, d'autre part, l'introduction des additions finales ou des constituants spéciaux est réglable à volonté. Il est donc possible d'obtenir d'une façon précise et presque mathématique des aciers de nuance définies dans les limites les plus étroites. Et cette facilité est d'autant plus réelle que l'on peut, pour réaliser la mise à la nuance, atténuer ou prolonger l'action thermique autant qu'il est nécessaire.

De cette dernière observation, on conclut d'abord que vraisemblablement le four électrique s'assurera à bref délai le monopole de la fabrication des aciers fins et spéciaux, et que cette conquête sera probablement rapide et définitive, comme il en a été pour les fabrications de ferrosiliciums riches et des ferrochromes à basse teneur en carbone pour lesquelles le four électrique a dès maintenant supplanté le haut-fourneau.

La deuxième conclusion qui semble s'imposer c'est que le four électrique permettra de fabriquer, avec plus de précision et de régularité, les aciers demi-fins que l'on ne peut obtenir par conversion, mais seulement par l'affinage sur sole. Il est vraisemblable que ces aciers demi-fins seront aux bons aciers Martin, ce que sont ces derniers aux aciers Bessemer.

Limitation du rôle de l'énergie électrique. — Le rôle si élastique de l'énergie électrique peut se borner à la mise à la nuance d'un acier presque élaboré dans les appareils connus, ou aller jusqu'à la fabrication intégrale en partant du minerai pour aboutir à un acier de composition quelconque.

Entre ces deux limites le four électrique peut parcourir toute la gamme des opérations productrices de l'acier et les considérations économiques seules peuvent étendre ou restreindre son champ d'action.

En vertu de cette erreur commune à tous les inventeurs de rechercher toujours la difficulté, les premiers chercheurs se sont attaqués d'abord à la fabrication intégrale, et comme le problème était aussi ardu que complexe, la solution s'est fait attendre. Plus tard les expériences ont porté sur le seul affinage de la fonte brute, prise à l'état solide ou préalablement fondue, puis on a essayé la fabrication au moyen des riblons qui est plutôt une fusion qu'un affinage. Enfin, on en est arrivé à éliminer du rôle de l'énergie électrique, non seulement la réduction du minerai et la fusion du métal, mais même l'affinage préalable pour ne lui laisser que la mise au point finale.

Procédés duplex. — On peut avec le concours du four électrique réaliser une fabrication mixte basée sur les principes analogues à ceux du procédé Witkowitz ou la méthode duplex Talbot-Martin on Bertrand-Thiel.

Dans le procédé de Witkowitz, on emploie un convertisseur complété par un four Martin. Le convertisseur élimine la majeure partie des impuretés dont le départ intégral s'achève dans le Martin. On conçoit aisément que l'on conserve le convertisseur comme dégrossisseur de l'affinage et que l'on remplace le four Martin par un four électrique jouant le rôle d'épurateur final. (J'ai proposé cette solution en 1902 à un groupe métallurgique français.) Le four électrique de mise au point fonctionnera avec une faible dépense d'énergie, puisque l'acier sort du convertisseur avec une haute température et une faible proportion d'impuretés. A un autre point de vue, le four électrique sera supérieur au Martin, car dans ces conditions, il peut agir avec une plus grande vitesse.

Dans le procédé de Witkowitz, l'affinage final au four Martin exigeant au moins trois heures, il faut quatre fours pour desservir un seul convertisseur. Avec un four électrique de puissance convenable, il est certain que la durée de l'opération peut être diminuée de moitié, ce qui réduit dans la même proportion le nombre de fours électriques nécessaires pour le service d'une même quantité de cornues.

Dans le procédé duplex Talbot, on réalise un premier affinage de la fonte dans le Talbot par oxydation à l'aide du minerai ou des battitures, et on envoie le produit grossièrement affiné dans un Martin fixe, qui achève la transformation.

Ce Martin fixe peut évidemment être remplacé par un four électrique, dans lequel la mise à la nuance s'effectue en pré-

ence d'une quantité minime de scories et avec du métal à une température convenable.

Là encore, la dépense d'énergie est relativement faible et comme on peut dans l'un et l'autre appareil maintenir la température, il est possible de régler les puissances relatives des deux appareils de manière à assurer la continuité des opérations sans perte de temps et sans consommation inutile d'énergie.

La même adaptation peut se faire pour le procédé Bertrand-Thiel, le four électrique pouvant doubler son rôle d'oxydation complémentaire par celui de l'appareil de fusion des riblons et ferrailles ou le borner comme dans le cas précédent à une simple mise à la nuance.

On peut donc réaliser avec l'énergie électrique tous les avantages des procédés duplex, c'est-à-dire une moindre corrosion des garnissages dans les deux fours, une égale rapidité de travail et une très grande précision dans l'obtention du produit final.

Le tableau qui suit résume les diverses applications du four électrique à la fabrication de l'acier et l'importance pour chacune d'elles, du rôle réservé à l'énergie électrique.

TABLEAU DES FABRICATIONS POSSIBLES

PROCÉDÉS.	OPÉRATIONS RÉALISÉES.	ÉNERGIE MASSIQUE EN KW-H : TONNE.
Fabrication intégrale partant du minerai .	Fusion et réduction du minerai. Oxydation des impuretés. . Désoxydation du métal affiné. . Récarburation à la nuance. . .	2800 à 3200
Partant de la fonte solide.	Fusion du métal brut. . . . . Oxydation des impuretés. . . . Désoxydation du métal affiné . Récarburation à la nuance. . .	1000 à 1100
Partant d'un mélange de fonte et riblons solides	Fusion du métal brut . . . . . Oxydation partielle des impuretés. . . . . Désoxydation du métal affiné . Récarburation à la nuance. . .	900 à 1000
Partant de la fonte liquide.	Chauffage du métal . . . . . . Oxydation des impuretés. . . . Désoxydation du métal affiné . Récarburation à la nuance. . .	450 à 550
Partant de la fonte liquide et des riblons solides	Fusion des riblons et chauffage du mélange. . . . . Oxydation partielle des impuretés . . . . Désoxydation du métal affiné. . Récarburation à la nuance. . .	700 à 800
Partant de l'acier inachevé d'un convertisseur ou d'un four Martin	Oxydation réduite des impuretés. . . . . Désoxydation du métal affiné. . Récarburation à la nuance. . .	200 à 300

Tous les procédés mixtes de la métallurgie actuelle peuvent être assimilés à l'un des exemples cités dans le tableau précédent qui donne une idée approchée de la consommation d'énergie correspondante et par suite du prix de revient possible, car il est bien évident que tous les perfectionnements mécaniques imaginés pour réduire le coût des manutentions seront appliquées dans l'avenir aux appareils électriques.

Il n'est pas douteux non plus que la conquête d'une nouvelle source d'énergie dans les gaz des haut-fourneaux ne donne à bref délai un essor important à la création des appareils électriques d'élaboration de l'acier, surtout si le rôle de ces appareils est réduit à une simple mise au point après les opérations classiques du convertisseur ou du four Martin.

Le four électrique en métallurgie, par M. M. Robert Pitaval, Ingénieur civil des mines, Neuilly-sur-Seine.

Les progrès de la métallurgie du fer et de l'acier n'ont fait que suivre ceux des fours destinés à produire des hautes températures. On a pu dire avec raison : la métallurgie, c'est de la chaleur!

Dans ces conditions, le four électrique, qui permet d'obtenir des températures de 2 à 3000°, devait, dès son apparition, susciter naturellement un vif intérêt chez les métallurgistes. Il n'a du reste point failli aux promesses qu'il avait fait naître.

Sans m'arrêter à une étude du four électrique en lui-même, étude qui exigerait du reste un travail considérable en raison de la grande variété des types existants, je veux simplement examiner la place qu'occupe actuellement cet appareil dans la métallurgie de l'acier et esquisser à grands traits le rôle que l'avenir semble lui réserver.

A l'Exposition universelle de Paris en 1900, on pouvait voir fonctionner dans l'annexe de la classe 24 deux ou trois fours électriques de petites dimensions. Cette même classe nous montrait, à côté de beaux morceaux de carbure de calcium, quelques menus échantillons, placés soigneusement sous verre, des métaux ou alliages produits au four électrique.

C'étaient là des curiosités de laboratoire.

A Liège, aujourd'hui nous voyons dans les sections de l'électricité et de la métallurgie, de puissants lingots d'acier, des blocs de ferro-silicium, ferro-chrome et autres alliages obtenus en grande quantité au four électrique et vendus par tonnages élevés à la métallurgie.

Cette différence dans la masse des produits exposés à Paris et à Liège, caractérise parfaitement les progrès accomplis depuis cinq ans par l'industrie électro-métallurgique.

Cette industrie s'est attachée, pendant ces dernières années, à étudier plus spécialement les applications du four électrique à la fabrication des alliages métalliques, à la réduction des minerais et à l'obtention d'aciers spéciaux.

J'ai suivi depuis le début les étapes diverses de cette étude attachante, noté les résultats acquis dans différentes communications et conférences faites devant des sociétés savantes; il m'est infiniment agréable de constater aujourd'hui, devant cette assemblée, que les études ont abouti à des résultats industriels de premier ordre.

Dans tous les pays, en effet, les sociétés de métallurgistes sont séduites par le charme qui émane de ce mystérieux appareil, agent modeste d'une puissance de chaleur incomparable. On l'étudie dans toutes les parties du monde; des gouvernements, comme ceux du Chili et du Canada, ont même envoyé des missions d'ingénieurs en Europe et particulièrement en France, pour établir un rapport complet sur les procédés électro-thermiques actuellement en exploitation pour la fonte des minerais de fer et de cuivre et la fabrication des aciers.

Comme je l'ai dit, les résultats acquis sont très nets, et nous ne saurions mieux les mettre en évidence qu'en citant le rapport du métallurgiste anglais, F.-W. Harbord, que sa réputation fit choisir comme membre de la mission dirigée par le Superintendant des mines, M. Haanel, envoyée en Europe par le gouvernement canadien pour étudier la possibilité d'introduire avec succès au Canada les procédés électro-thermiques de fabrication du fer et de l'acier.

Voici les conclusions de M. F.-W. Harbord, qui a contrôlé toutes les opérations métallurgiques effectuées à La Praz, Livet, Gysinge, Turin, etc. :

« Les résultats de mes recherches métallurgiques de la production électrique de l'acier et de la fonte en gueuses se traduisent par les conclusions suivantes :

« 1° De l'acier, égal à tous points de vue au meilleur acier au creuset de Sheffield, peut être obtenu, soit par le procédé Kjellin, soit par le procédé Héroult ou Keller, à un prix con-

sidérablement moins élevé que celui de la fabrication de l'acier au creuset de très bonne qualité;

« 2° Il n'est pas possible actuellement de fabriquer économiquement au four électrique de l'acier pour constructions pouvant concurrencer l'acier Bessemer ou Siemens; les fours électriques ne peuvent être employés commercialement que pour la fabrication d'aciers d'excellente qualité destinés à des emplois spéciaux;

« 3° D'une manière générale, les réactions qui se produisent dans le four électrique, en ce qui concerne la réduction et la combinaison du fer avec le silicium, le soufre, le phosphore et le manganèse, sont analogues à celles qui ont lieu dans le haut-fourneau. En variant la constitution de la charge et en réglant la température par le courant, il est possible d'obtenir n'importe quelle qualité de fontes grises ou blanches, et le passage d'une qualité à l'autre est effectué plus rapidement que dans le haut-fourneau;

« 4° On peut obtenir au four électrique de la fonte grise convenant à tous les points de vue pour la fabrication acide de l'acier, soit par le procédé Bessemer, soit pas le procédé Siemens;

« 5° On peut facilement fabriquer de la fonte grise pour la fonderie:

« 6° Sous réserve que le mélange de minerais contienne de l'oxyde de manganèse et que le laitier soit maintenu à l'état basique au moyen d'une addition convenable de chaux, il est possible de fabriquer de la fonte à faible teneur en silicium et en soufre convenant pour les procédés basiques Bessemer et Siemens;

« 7° Cela n'a pas été démontré expérimentalement; mais, d'après les considérations générales, il y a tout lieu de croire qu'il est possible de fabriquer de la fonte à faible teneur en silicium et en soufre, même en l'absence de l'oxyde de manganèse dans le mélange de minerai pourvu que le laitier soit maintenu à l'état fluide et basique;

« 8° Il n'est possible de fabriquer commercialement de la fonte à un prix pouvant concurrencer le même produit du haut-fourneau qu'à la condition que l'électricité soit très bon marché et le combustible très cher. D'après la base sur laquelle a été établi ce rapport, lorsque l'électricité coûte 50 fr par cheval-an et le coke 35 fr la tonne, le coût de la production est à peu près le même que dans le cas du haut-fourneau moderne;

« 9° Dans des conditions ordinaires, là où les hauts-fourneaux constituent une industrie établie, le procédé électrique ne peut pas soutenir la concurrence; mais dans des cas spéciaux, lorsque l'on dispose d'une force hydraulique largement suffisante et qu'il n'est pas facile d'obtenir du coke de haut-fourneau, le procédé électrique peut donner de bons résultats au point de vue commercial.

« Il est impossible de définir exactement les conditions dans lesquelles le procédé électrique peut être exploité avec succès. Chaque cas doit être considéré indépendamment de tout autre en tenant grand compte des conditions locales, et ce n'est que lorsque celles-ci sont parfaitement connues qu'il est possible de donner définitivement une opinion sur les possibilités commerciales d'un projet. F.-W. HARBORD. »

Ces conclusions ont fait l'objet de discussions approfondies soit à la Société Faraday, soit à l'*Iron and Steel Institute*, et les métallurgistes anglais qui ne peuvent ignorer qu'il y a là un danger visant la suprématie qu'ils ont acquise dans le domaine des aciers fins, ont été cependant obligés de reconnaître les résultats pratiques et véritablement industriels de quelques-uns des procédés continentaux de fabrication de l'acier au four électrique. Plusieurs projets sont à l'étude dans le Royaume-Uni pour utiliser le four électrique dans la grande métallurgie.

Les procédés Kjellin, Héroult, Keller, Stassano, Girod, Gin, etc., sont tous connus aujourd'hui, je ne les décrirai pas et me contenterai d'indiquer que la fabrication électrique de l'acier se poursuit d'une façon courante depuis trois ans à la Praz, en Savoie, et à Kortfors, en Suède, les procédés Froges-Héroult; que l'on érige actuellement, près de Saint-Michel-de-Maurienne, une puissante usine hydro-électrique qui viendra doubler la production de celle de la Praz; que l'usine de la *Metallurgiska Patent Aktiebolaget*, applique à Gysinge, en Suède, les procédés Kjellin et la fonderie royale de Turin ceux de M. Stassano; que M. Girod à Ugine (France), Courtepin (Suisse), Grub-Isle (Allemagne) fabrique un excellent acier au creuset; que M. Gin applique son procédé à l'usine de la *Deutsche Elektrische Stahlwerke*, à Plattenberg (Westphalie); que MM. Keller et Leleu se livrent à Livet (France) à des expériences véritablement industrielles qui ont parfaitement réussi, puisqu'on élève actuellement à Unieux (Loire), aux aciéries Holtzer, un four électrique Keller de 1000 chevaux.

Cette dernière installation est un fait nouveau intéressant qui sera sans doute le point de départ d'une nouvelle étape de l'industrie électro-métallurgique. Jusqu'ici, en effet, cette industrie s'était cantonnée dans quelques rares usines hydro-électriques utilisant l'énergie des torrents.

Les habitants des pays montagneux, généralement pauvres et déshérités, virent avec joie s'installer des usines qui donnaient du travail et de l'activité à leur contrée. Certaines exploitations minières situées à de hautes altitudes suivirent et suivent encore attentivement les progrès d'une méthode qui peut leur apporter un atout inespéré dans la lutte industrielle.

Mais si les applications de l'électrochimie ne peuvent guère se réaliser pratiquement qu'à l'aide de l'énergie hydraulique des torrents, qui est captée à bon compte, ce ne peut être une loi générale. Il existe en Angleterre une usine à carbure et en Allemagne une fabrique de ferro-chrome qui utilisent avantageusement l'énergie électrique obtenue à l'aide de dynamos et machines à vapeur. Cette exception semble particulièrement indiquée pour cette application spéciale du four électrique à la métallurgie du fer et de l'acier. Autrement dit, et il y a quatre ans que nous formulons cette opinion, nous croyons que le véritable avenir du four électrique est, non pas au pied des glaciers, mais au pied des hauts-fourneaux, ces immenses réservoirs d'énergie le plus souvent inutilisée et qui permettent d'avoir l'énergie à 2 centimes par kilowatt-heure, c'est-à-dire au double seulement du prix du kilowatt-heure obtenu par utilisation de l'énergie hydraulique.

Avec l'exemple du four électrique de l'usine Holtzer, nous allons encore plus loin. Sans nous inquiéter du haut-fourneau et du gazogène, nous entrons dans l'aciérie proprement dite et nous y voyons que, même avec l'énergie produite par la combustion du charbon qui donne le kilowatt-heure à 5 et 6 centimes, le four électrique peut encore être avantageusement employé.

Pour serrer d'un peu plus près la question, nous ne considérerons que la fabrication de l'acier par le procédé électrique; celle de la fonte, parfaitement réalisable également, n'étant seulement économique que dans les cas spéciaux bien déterminés. Au Canada, par exemple, on a vu par les expériences de la Commission Haanel à Livet, que l'on pouvait obtenir la fonte à 35 fr la tonne en partant du cheval-an à 50 fr et de la tonne de coke à 35 fr.

On s'est beaucoup occupé il y a quatre ou cinq ans de créer un type de haut-fourneau électrique, et les noms de Stassano, Harmet, Keller, resteront attachés à des modèles intéressants, dont quelques-uns peuvent parfaitement être réalisés dans certains pays. On ne tarda pas cependant à poursuivre parallèlement les recherches vers la fabrication de l'acier en partant soit de la fonte, soit d'un mélange de riblons et de minerais. Les tâtonnements furent grands, les essais coûtèrent cher, parce que parmi les spécialistes du four électrique, les

uns étaient tantôt de vrais métallurgistes peu initiés à la science électrique, tantôt des électriciens proprement dits, n'ayant que des notions insuffisantes de la science métallurgique. Depuis, les uns et les autres se sont assimilés ces connaissances variées, et il s'est formé une véritable pléiade d'électro-métallurgistes proprement dits, auxquels on doit la majeure partie des progrès réalisés par cette industrie. L'un d'eux, M. Héroult, et on peut dire qu'en lui c'est toute l'industrie électro-métallurgique qui a été récompensée, a reçu cette année comme prix de ses efforts la grande médaille Lavoisier, de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale de Paris.

Tous les procédés ont visé d'abord la fabrication des aciers au carbone, les plus faciles à obtenir économiquement, puis ensuite, celle des aciers fins, des aciers spéciaux. On opéra d'abord dans de petits appareils ne permettant que des coulées de 50 à 100 kg. Aujourd'hui, les fours de 3 à 400 chevaux permettent des coulées de 1 et 2 tonnes et avec les mélangeurs du type Froges-Héroult ou des fours Keller de 1000 chevaux comme celui d'Unieux, on envisage parfaitement la possibilité d'arriver à pouvoir couler les gros tonnages en aciers mi-fins tels que ceux nécessaires à la fabrication des plaques de blindage ou des canons.

En attendant de voir se réaliser la grande aciérie électrique de l'avenir, voyons quels sont les appareils pratiques mis actuellement à la disposition de la métallurgie.

A la Praz, le four employé est un appareil de 400 chevaux composé d'une cuve oscillante surmontée de deux électrodes en série, dans laquelle on charge 2500 kg de riblons et qui permet d'obtenir 7 tonnes d'acier par 24 heures avec une dépense de 800 kilowatts par tonne.

A la Manufacture royale de Turin, M. Stassano a construit un type de four à arcs à sole tournante de 200 chevaux dans lequel on charge des riblons et du minerai permettant la coulée de 2 tonnes d'acier par 24 heures.

A l'usine de Livet, le four Keller est constitué par une cuve surmontée de deux électrodes en série traversant des voûtes réfractaires et pouvant couler 6 à 8000 kg d'acier par 24 heures par coulée de 2500 kg environ.

A Gysinge, M. Kjellin travaillant avec un four à induction de 175 kilowatts maximum obtient 5200 à 5500 kg d'acier en lingots par 24 heures. Quand on charge avec de la fonte et des riblons, chaque coulée est d'environ 850 kg et le contenu total du four 1450 kg; quand on travaille avec de la fonte et du minerai en briquettes, la production est diminuée à cause de la réduction du minerai.

A Ugine, en Savoie, M. Girod utilise un four électrique à résistance de 30 creusets pouvant contenir chacun entre 25 à 50 kg d'acier. Avec un four de 6 à 800 kilowatts, il peut produire par jour de 8 à 12,000 kg d'acier au carbone ou 6 à 8000 kg d'acier fin avec une consommation de 1000 à 1200 kilowatts par tonne.

A part la Société électro-métallurgique française, qui a créé de toutes pièces deux aciéries électriques, l'une à la Praz, l'autre à Kortfors, et l'usine de Gysinge, la plupart des électro-métallurgistes qui sont arrivés à mettre sur pied des appareils véritablement pratiques, préfèrent appliquer leurs procédés dans les usines métallurgiques proprement dites. C'est ainsi que l'usine de Courtepin, où existe cependant tout le matériel nécessaire pour la fusion de l'acier et la forge, utilise ses 4000 chevaux à la fabrication des alliages.

Il n'est pas douteux que c'est dans cette voie surtout que les progrès de l'industrie électro-métallurgique seront les plus rapides. L'usine métallurgique, avec ses installations et appareils déjà existants, permettra l'édification des fours électriques avec un minimum de frais de première installation et les produits obtenus bénéficieront d'un minimum de prix de revient des matières premières.

Quel que soit le procédé considéré et quelle que soit la matière première employée, on trouve dans l'usine métallurgique ordinaire tout l'outillage nécessaire à l'affinage électrique et il suffit d'introduire dans ces établissements, avec le courant électrique, quelques paires d'électrodes pour transformer l'usine la plus ancienne et la plus routinière en une aciérie électrique moderne.

La main d'œuvre même n'a pas besoin d'être modifiée. Un apprentissage de quelques jours suffit pour l'appliquer au procédé nouveau. La fabrication de l'acier au four électrique ne diffère pas sensiblement, en effet, de la méthode ordinaire au creuset ou au Martin, la différence réside surtout dans la qualité des produits obtenus.

Les inconvénients que présentèrent au début les procédés électro-sidérurgiques furent principalement la faible capacité des fours électriques et, comme conséquences, le champ limité des applications et le prix de revient élevé des produits obtenus.

Ce fut d'abord un petit creuset, comme celui de Moissan, ne pouvant contenir que quelques kilogrammes de matières à traiter; puis il fut analogue à celui des métallurgistes et, grandissant bien vite, devint à la Praz, Livet, Gysinge ou Turin, un four de 100 chevaux, produisant 1 à 2 tonnes d'acier par jour. Aujourd'hui, on a réalisé le four de 2 à 3 tonnes permettant des coulées de 6 à 8 tonnes d'acier par jour, ce qui lui donne une supériorité énorme sur le four à creuset ordinaire de nos fabricants d'aciers fins.

Même si l'on considère la simple opération de fusion de l'acier avec le four électrique, type Girod par exemple, dans lequel on utilise comme dans la métallurgie ordinaire les petits creusets de 50 kg, en les plaçant en grand nombre dans le même appareil à résistance, on trouve de grands avantages à la substitution de l'électricité au charbon comme source d'énergie thermique.

Ces avantages peuvent se résumer ainsi : dépense faible si on a la force à bon marché, manutention extrêmement facile, rayonnement insignifiant, opération à l'abri de tous gaz oxydants ou réducteurs, température pouvant se régler à quelques degrés, ce qui permet d'empêcher la volatilisation et de couler à la température voulue.

Au point de vue de la production, un tel four de 800 à 1000 kilowatts peut donner 8 à 10 000 kg d'acier ordinaire par jour.

Mais si on va plus loin et que l'on poursuive la comparaison avec le four électrique d'affinage comme celui de 1000 kilowatts, en construction à Unieux, aux Aciéries Holtzer, qui coulera 7 à 800 kg à la fois, et le four Martin moderne, on se rend compte rapidement des avantages que présente l'affinage électro-thermique sur l'affinage ordinaire.

D'abord la température de 2000° au moins que l'on obtient au four électrique, supérieure par conséquent de 800° à celle du four Martin ordinaire, permet une désoxydation plus complète de l'acier, une désulfuration et une déphosphoration presque parfaites, cette haute température supprimant la crainte de voir le métal se suroxyder et devenir pâteux comme cela se produit lorsqu'on prolonge trop l'affinage au four métallurgique ordinaire.

La nature spéciale de cette température qui se fait sentir dans la masse même du métal et non pas superficiellement comme dans le Martin, permet la suppression presque complète des scories interposées et intimement mélangées au métal.

Enfin, l'atmosphère neutre qui règne à la surface du bain dans le four électrique permet l'emploi de laitiers et de fondants très basiques, impossible avec l'atmosphère oxydante des produits du gazogène Siemens dans le Martin ordinaire, ce qui facilite la réalisation, à la fin de l'opération de l'affinage, d'un laitier avec lequel les derniers vestiges de phosphore sont éliminés.

On peut donc obtenir, en employant des matières premières bon marché, des produits aussi fins que les aciers au creuset



qui exigent l'emploi exclusif d'aciers cémentés fabriqués au moyen des fers de Suède, c'est-à-dire des matières premières d'un prix très élevé.

Le Martin électrique présente donc les avantages du creuset ordinaire avec en plus celui de pouvoir travailler 2 ou 3000 kg de métal au lieu de 30 à 50. Il permet, en outre, la suppression du four de cémentation, c'est-à-dire l'obtention d'aciers spéciaux à des conditions excellentes de prix de revient, l'économie étant d'au moins 50 pour 100 sur le prix des matières premières.

Si nous considérons l'application du four électrique à la fabrication des aciers mi-fins pour la marine et pour la guerre, des tubes de canon par exemple, qui exigent des lingots de plusieurs tonnes, on peut la réaliser soit avec le four à résistance type Girod de 120 creusets, soit avec les fours Héroult à deux électrodes en séries et mélangeur, mais plutôt cependant par la méthode adoptée à Unieux, qui consiste à installer un four Keller à 4 électrodes, favorisant l'emploi de grandes puissances, conjugué avec un Martin.

Nous ne considérons pas la substitution du four électrique au Bessemer, celui-ci est un appareil bien trop commode quand on opère sur les grandes masses ordinaires, mais l'électricité vient encore ici jouer son rôle, car dans l'avenir le métal Bessemer, impur et de qualité inférieure, se discréditera certainement s'il ne subit pas un court passage dans un four électrique. Il suffira, en effet, d'une dépense de quelques kilowatts par tonne pour achever la déphosphoration et la désoxydation du bain. Cette seule opération augmentera d'une façon certaine la valeur marchande du métal Bessemer.

En résumé, quel que soit le procédé de fabrication de l'acier considéré, on voit que déjà avec les seules connaissances que l'on possède sur l'utilité du four électrique — et nous estimons que ces connaissances sont encore imparfaites, — on voit que cet appareil est appelé à jouer un rôle prépondérant dans l'aciérie de l'avenir.

On se le figure très bien, supprimant le four à cémentation, allant de pair avec le four à creuset, remplaçant le Martin et venant heureusement compléter le Bessemer, en permettant dans tous les cas, comme appareil annexe, d'obtenir un métal homogène plus pur et pouvant être coulé très fluide.

On a au début considéré le four électrique comme un appareil destiné à économiser nos réserves de combustibles minéraux et on l'a étudié surtout en vue de ses applications dans les contrées dépourvues de charbon. Aujourd'hui, la question se pose autrement et les métallurgistes les plus opposés à cet appareil moderne reconnaissent que, même avec l'énergie électrique obtenue à l'aide de la vapeur, il permet la fabrication des aciers fins à meilleur compte que le procédé au creuset.

Or, l'avenir de ces aciers est très grand avec les progrès de l'industrie. On l'a bien vu ces dernières années, où leur emploi a considérablement augmenté par suite notamment de leurs applications dans la construction automobile.

Au meeting de mai dernier de l'*Iron and Steel Institute*, M. Walter Brown, dans son rapport, insistait, très judicieusement à notre avis, sur l'avenir réservé à la fabrication électrique de l'acier. Il reprochait cependant aux électrométallurgistes de penser que tous les aciers sont impurs et de qualité inférieure. Non, tous les aciers ne sont pas impurs, mais il y en a beaucoup, et personne ne niera que le four électrique, considéré comme appareil accessoire et employé à la fin des opérations habituelles d'affinage, ne permette de relever la qualité de tous les aciers même les plus ordinaires.

Le fer a tué l'acier, mais le four électrique tuera l'acier ordinaire.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

349 924. — **Boucherot et Cie.** — *Machine électrique* (17 mai 1904).

351 773. — **Lalande et Frassier.** — *Système de synchronisation applicable aux récepteurs de télégraphie sans fil* (25 février 1905).

351 783. — **Pomeroy.** — *Système de répertoire téléphonique* (27 janvier 1905).

351 795. — **Artom.** — *Perfectionnements dans les appareils pour la télégraphie sans fil* (24 février 1905).

351 867. — **Société des téléphones Berliner.** — *Microtéléphone* (28 février 1905).

351 897. — **Bines.** — *Appareil téléphonique* (28 février 1905).

351 898. — **Bines.** — *Transmetteur téléphonique* (28 février 1905).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Compagnie française des câbles télégraphiques. — Les comptes qui ont été présentés à l'Assemblée tenue le 22 août dernier sous la présidence de M. Jeramec accusent un résultat défavorable pour l'exercice 1904. Depuis dix ans les recettes de cette Compagnie étaient en progression constante, mais pour l'année 1904 elles se trouvent en diminution sensible, de sorte que, malgré la subvention de l'État, l'exercice se solde par une perte de 531 722 fr.

La faiblesse des recettes du trafic doit être attribuée à des interruptions nombreuses des câbles; en effet, les grands conducteurs transatlantiques, qui constituent les principales sources de produits, ont été particulièrement éprouvés, n'ayant pas subi au total moins de cinq mois d'interruption, dont deux mois pour le câble Brest au cap Cod et trois mois pour celui de Brest à Saint-Pierre-Miquelon.

Plusieurs ruptures du câble Saint-Pierre-Cod ont, en outre, contribué à rendre lourde la tâche du vapeur *Contre amiral-Caubet*, spécialement affecté aux réparations dans ces régions.

Sinon les accidents, du moins leurs conséquences auraient été évitées en grande partie, par la réalisation des projets reconnue indispensable au fonctionnement régulier de la Compagnie, par le législateur de 1901 et par les ministres du Commerce et des Finances à fin 1903. Ces projets, toujours à l'étude, comportent la réfection totale des points défectueux des réseaux et l'acquisition de nouveaux bateaux-câbliers.

Le réseau des Antilles a subi également une importante diminution due : à l'interruption de câbles dont la réfection entraînera une dépense que la réorganisation financière projetée pourra seule permettre d'engager; à l'interruption pendant les quatre premiers mois de 1904 du câble Cap Haïtien-New-York de la *United States and Haïti Telegraph C°* qui sert, dans une certaine mesure, de collecteur de trafic au réseau des Antilles; aux ruptures prolongées des câbles d'Haïti, des

Guyanes, du Vénézuéla, enfin aux difficultés suscitées par ce dernier pays, difficultés qui durent encore.

Il faut aussi tenir compte des dégâts causés par les révolutions au réseau terrestre de Saint-Domingue. La question de l'indemnité réclamée par la Compagnie au gouvernement dominicain reste toujours en suspens, mais le Conseil espère obtenir satisfaction grâce à la convention passée entre les États-Unis et la République de Saint-Domingue, convention qui, aussitôt qu'elle sera ratifiée par le Sénat américain, conférera aux États-Unis le contrôle des finances et des douanes dominicaines.

Le câble Australie-Nouvelle-Calédonie a subi une rupture de deux mois du 27 août au 20 octobre 1904, dont la conséquence a été de ramener les recettes du trafic de 56 746,55 fr en 1903 à 45 962,11 fr en 1904.

Les dépenses de réparations effectuées par le navire *Iris* de la *Pacific Cable C°* se sont élevées à 164 300,95 fr tant pour la location du bateau qu'en câble fourni.

Les travaux de réparations, à défaut d'un nombre suffisant de bateaux-câbliers, ont obligé la Compagnie à louer successivement quatre navires étrangers pour les câbles Brest-Penzance et Australie-Nouvelle-Calédonie. Ces dépenses de réparations comprenant la valeur des câbles immergés se sont élevées à 1 770 296 fr contre 1 317 702 fr en 1903, soit une augmentation de 453 000 fr dont 78 118 fr ont été affectés aux réparations mêmes du navire *Pouyer-Quertier*.

Voici d'ailleurs comment se comparent les comptes d'exploitation et de Profits et Pertes des deux derniers exercices :

Produits.	1903.	1904.
Recettes du trafic	5 039 217	4 479 937 fr.
Subventions, garanties et divers	498 906	694 612
Intérêts sur valeurs en portefeuille et dépôts	80 424	234 786
Recettes diverses	22 935	109 629
Total des produits	5 641 482	5 518 964 fr.
Charges.		
Frais d'exploitation	1 665 380	1 706 421 fr.
Entretien et réparation des réseaux et des navires	1 317 703	1 770 290
Redevances diverses et agents	330 561	397 297
Frais généraux	398 119	391 274
Service des obligations	2 550 346	2 546 103
Amortissements et divers	38 460	39 331
Total des charges	6 300 569	6 850 736 fr.

Pour l'exercice 1904 la perte d'exploitatipn s'élève donc à 1 331 772 fr, dont il faut déduire les 800 000 fr provenant de la subvention de l'État, en sorte que le déficit net se trouve être de 531 772 fr.

La situation financière au 31 décembre 1904 s'établit comme suit :

Actif.	
Premier établissement	54 645 195 fr.
Vapeurs	1 400 000
Câbles en réserve	1 778 225
Primes de remboursement et frais d'émission d'obligations	5 172 757
Caisse, banques et portefeuille	2 491 515
Débiteurs divers	1 517 805
Comptes d'ordre	3 802 247
Avance de l'État	800 000
Profits et pertes	531 772
Total	72 139 516 fr.

Passif.	
Capital actions	13 425 500 fr.
Réserves	4 763 205
Obligations en circulation	48 746 000
Comptes d'ordre	3 092 701
Créditeurs divers	2 112 110
Total	72 139 516 fr.

A l'Assemblée spéciale qui a suivi la première séance, le Conseil a fait ressortir le côté faible de la situation financière, celle-ci permettant de payer encore les coupons des obligations jusqu'au 1er janvier inclus.

Il est vrai qu'une convention nouvelle avec l'État est à l'étude, mais il est nécessaire qu'elle aboutisse pour mettre la Compagnie en état de fonctionner et de réaliser son programme de développement.

La combinaison proposée comprendrait :

1° Garantie complète de l'État donnée aux obligations 4 pour 100 actuelles, qui seraient converties ou remboursées au moyen d'une émission de 3,5 pour 100 ainsi qu'aux obligations nouvelles à émettre pour une somme de 15 millions;

2° Garantie partielle des intérêts et totale du capital, à rembourser au pair par tirages, des obligations 3,5 pour 100 présentement en circulation;

3° Réduction dans une certaine proportion du capital-actions;

4° Exploitation du réseau par la Compagnie, moyennant une prime de gestion dont les tantièmes pour 100 sur les produits restent à déterminer;

5° Retour du réseau à l'État dans un certain délai et dans de certaines conditions.

Le président, M. Jeramec, pour mieux éclairer l'Assemblée a prononcé un discours des plus nets dans lequel il a répondu aux reproches que l'on adresse à la Compagnie pour les interruptions résultant de ruptures de câbles. Par une comparaison statistique établie avec la Compagnie des télégraphes du Nord, dont la gestion technique est souvent citée comme exemple, il a démontré que la Compagnie des télégraphes du Nord avec 27 câbles et 16 000 km a subi 38 interruptions en 1904, soit près de 2 interruptions par câble, tandis que la Compagnie des câbles télégraphiques avec 33 câbles et 26 000 km, n'a eu que 24 interruptions soit moins d'une interruption par câble.

Après avoir montré l'importance politique des réseaux télégraphiques sous-marins, indiqué avec quelle activité d'autres pays s'occupent de développer leurs réseaux et montré quels services la Compagnie rendait à l'État, il a conclu en ces termes :

« L'épargne française a contribué pour 121 millions à la création de notre réseau de câbles; la valeur des services rendus par elle peut être discutée au grand jour de la tribune et nous ne craignons rien de cet appel à l'opinion éclairée du Parlement, mais elle ne peut être méconnue à ce point qu'on fasse sur notre sort un plus long silence.

« Il aboutirait fatalement à la déchéance des droits d'atterrissage chèrement acquis en pays étrangers, à la rupture excessive de nos câbles, à l'interruption de toutes communications avec nos colonies lointaines; ce serait, avec la mort de la Compagnie et la disparition des 121 millions de l'épargne française, la perte du réseau national.

« Les ministres responsables ont déclaré repousser une telle éventualité. En eux, Messieurs, nous plaçons une juste confiance; ils ont réitéré des promesses formelles et le monde des affaires qui a expédié par nos câbles, en 1904, 500 000 dépêches et 5 millions de mots, se joint à nous pour leur en demander la prompte réalisation. »

Ce discours a été favorablement accueilli et la résolution suivante a été adoptée à l'unanimité :

L'Assemblée générale, après avoir entendu les communications du Conseil d'administration, lui donne acte de ces communications et déclare, en tant que de besoin, les approuver pleinement et en toutes leurs parties.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

35 095. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 331 10 Octobre 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

La question téléphonique en France. — Tel est le titre d'un éditorial que nous consacre l'*Electrical Review*, de New-York, dans un récent numéro. Nous reproduisons cet article *in extenso*, car nous ne saurions mieux dire que ne le fait notre confrère en mettant en garde ses compatriotes contre les exploitations municipales ou étatistes, et en montrant notre service téléphonique comme un exemple... à ne pas imiter. Tout commentaire ne pourrait qu'affaiblir cet éditorial auquel nous avons essayé, en le traduisant, de conserver son caractère très spécial.

« La situation téléphonique en France a atteint un état critique. Le département téléphonique (lisez l'administration) a été incapable de répondre à l'accroissement du service, et une grande partie de son équipement est aujourd'hui suranné. Il en résulte un désarroi et des plaintes énergiques de la part des abonnés. Ils se plaignent de payer un prix élevé pour un service tout à fait insuffisant. Non seulement les lignes reliant Paris aux différents centres industriels sont insuffisantes, mais il est même difficile de communiquer d'abonné à abonné. Dans ces conditions, les abonnés ont formé une association ayant pour objet de formuler et de faire prévaloir leurs justes réclamations.

« L'administration dispose de peu de moyens pour améliorer la situation, et il semble qu'elle n'a pas montré une vigueur suffisante en exposant ses besoins au Parlement français. Elle a laissé aller les choses, se contentant d'utiliser ses maigres ressources aussi vite et aussi superficiellement que possible. Les abonnés demandent que la situation vraie soit présentée aux Chambres et que l'on mette à la disposition du service les sommes nécessaires pour le remettre sur pied. Le total est imposant, car il faut non seulement étendre les réseaux pour répondre aux nouvelles demandes, mais il faut mettre au rancart une grande partie des appareils encore en usage.

« Cette situation est typique pour démontrer ce qu'il faut attendre d'un service public de cette nature exploité par l'État. La difficulté d'obtenir des crédits suffisants pour tenir le matériel à hauteur des besoins n'est déjà pas une mince affaire; mais si on y ajoute la difficulté de démontrer à une assemblée capricieuse, dont les différents partis ont des fers sur le feu (traduisez : des crédits à demander pour faire plaisir aux électeurs), que les appareils en service sont mauvais et doivent être remplacés, la situation devient inextricable. Les assemblées sont facilement négligentes pour les crédits sans importance, mais elles essaient de sauver la situation en refusant les crédits importants les plus indispensables. Les services publics exploités par l'État sont notoirement connus pour leur insuffisance. Il nous faut de la lumière sur l'expérience des autres pays en la matière, car il est en général plus avantageux de s'instruire par l'expérience des autres, mais plusieurs d'entre nous ne veulent pas croire que le feu est chaud tant qu'ils ne s'y sont pas brûlés. »

Températures des thermogènes. — Nous désignons sous le nom général de *thermogène* tout système dans lequel se développe une énergie et une puissance thermiques, soit par combustion (flammes, foyers, aluminothermie), soit par application de la loi de Joule (incandescence) soit par l'action simultanée de ces deux causes (arc voltaïque, four électrique).

Voici quelques chiffres intéressants résultant des recherches récentes et relatifs aux températures que l'on peut atteindre

avec les thermogènes actuels dont les progrès ont, pendant ces dernières années, si profondément modifié les méthodes métallurgiques et les procédés industriels de travail des métaux.

	Température en degrés C.
Acétylène et oxygène pur	4160
Arc voltaïque (Le Chatelier)	4100
Aluminothermie (oxyde de cuivre noir)	3670
Acétylène (5 parties d'air et 1 partie d'oxygène)	3200
Chalumeau oxhydrique	3191
Acétylène et air chauffé à 1000° C.	3000
Gaz à l'eau (volumes égaux d'H et de CO^2)	2900
Acétylène et air chauffé à 500° C.	2780
Aluminothermie (oxyde de fer)	2695
Acétylène et air froid	2568

La régression et l'anticipation de la mémoire. — Les vacances ne sont pas encore si loin de nous que l'on nous garde rigueur d'abandonner pour une fois la question électrique, pour raconter une histoire de magnétisme. Aussi bien, il n'y a pas entre le magnétisme et l'électricité un écart tel qu'il ne puisse être franchi. C'est le colonel de Rochas, ancien administrateur de l'École polytechnique, qui va procurer aux lecteurs qui voudront bien nous lire jusqu'au bout quelques instants de douce gaité. M. de Rochas, il y a quelques années, nous avait déjà divertis avec le *fluide vital* et la jambe fluidique qui permet à un amputé de marcher sur cette jambe... tant qu'il ne s'aperçoit pas qu'il l'utilise dans ce but. La régression et l'anticipation de la mémoire constituent des phénomènes incomparablement plus curieux encore. Qu'on en juge!

Après avoir endormi un « sujet », on lui suggère qu'il est de dix, de vingt, de trente ans plus jeune qu'il n'est en réalité.

Le sujet semble alors avoir oublié tout ce qu'il a vu, senti, souffert et appris pendant les années postérieures à la date où on le replace. Si on l'interroge, il répond comme s'il n'avait plus en effet que l'âge qu'on lui a ordonné d'avoir.

Le colonel de Rochas s'est livré à de multiples constatations, et maintenant il n'est pas très loin de croire qu'il a trouvé le moyen de faire la démonstration expérimentale de la réincarnation.

Voici quelques-unes de ses expériences que nous fait connaître *La Presse* du 3 octobre.

« Le premier « sujet » est une femme de trente-cinq ans, veuve, de nature apathique et peu curieuse, nommée Eugénie.

« Elle est endormie à l'aide de passes longitudinales de haut en bas.... Je vois une larme perler à ses yeux. Elle me dit qu'elle a vingt ans et qu'elle vient de perdre un enfant.

« Je continue les passes et j'ai l'idée de voir ce que donnera l'instinct de la pudeur. Je fais le geste de soulever légèrement sa robe.... Elle la rabat avec vivacité.... Continuation des passes.... La voici à quatorze ans, puis à onze ans. Elle va faire sa première communion; ses plus gros péchés sont d'avoir quelquefois désobéi à sa grand'maman et surtout d'avoir pris un sou dans la poche de son papa....

« Neuf ans, six ans, quatre ans.... Elle garde sa petite sœur quand elle n'est pas à l'école. Elle commence à faire des barres et à écrire quelques lettres : *a, e, i, o, u*.

« Elle est maintenant plus petite, beaucoup plus petite. Elle ne sait pas l'âge qu'elle a : elle ne parle pas encore, elle dit seulement pa-pa, ma-man!... »

La *machine arrière* que nous raconte M. de Rochas est déjà bien... bizarre, mais ce n'est rien à côté de ce qui va suivre.

Voici maintenant deux autres sujets : Eugénie et Joséphine.

« Ces deux jeunes filles, replacées à des moments de leur toute prime enfance, ont donné sur ces instants de leur vie, totalement oubliés d'elles, des renseignements contrôlés et reconnus exacts....

« — Après avoir amené Joséphine à l'état de tout petit enfant au moyen de passes longitudinales prolongées pendant une trentaine de minutes, je continuai la magnétisation. Interrogée, Joséphine répondit par signes à mes questions.

« Elle n'était pas encore née!... Un nouvel approfondissement du sommeil détermina la manifestation d'un personnage dont j'eus d'abord quelque peine à reconnaître la nature. Il ne voulait dire ni qui il était, ni où il était. Il me répondait d'un ton bourru et avec une voix d'homme. Je finis par savoir qu'il s'appelait Jean-Claude Bourdon, et que le hameau où il se trouvait était Champvent, dans la commune de Tolliat.

« Jean-Claude Bourdon est né en 1812. Il a fait son service militaire au 7ᵉ d'artillerie à Besançon.... De retour au pays, il vieillit isolé en faisant lui-même sa cuisine. Il meurt âgé de soixante-dix ans après une longue maladie.

« Il meurt.... Il se sent sortir de son corps, mais il y reste attaché pendant un temps assez long. Il a pu suivre son enterrement en flottant au-dessus de la bière....

« M. de Rochas tenta de remonter plus haut encore. Une magnétisation prolongée pendant plus de trois quarts d'heures le ramena à Jean-Claude tout petit. Puis une nouvelle personnalité surgit. C'était maintenant une vieille femme très méchante qui dit s'appeler Philomène Carteron! »

Voilà une régression de la mémoire sur trois générations.

Pourquoi la régression se fait-elle sur le père, puis sur la grand'mère en augmentant la durée des passes *longitudinales*. C'est là un détail sans importance et qui n'est pas fait pour troubler l'expérimentateur, mais il y a plus fort encore.

Après avoir fait « *machine arrière* » il fait « *machine avant* » par de nouvelles expériences relatives à l'*anticipation de la mémoire*, c'est-à-dire, en bon français, par le souvenir des choses qui arriveront.

M. de Rochas opère par des passes *transversales*. (Il paraît que dans le système des passes magnétiques, l'avenir est décalé de 90 degrés sur le passé). Eugénie et Joséphine qui se sont revues enfants se sont imaginées octogénaires.

« Joséphine a vingt-cinq ans, puis trente-deux ans, puis quarante ans; elle est dans son pays où, après avoir été séduite et abandonnée avec un enfant, elle gagne sa vie en cousant des culottes pour un tailleur.

« Elle est maintenant très vieille. Elle vit avec peine grâce à sa couture.

« — C'est l'agonie et la mort, dit le colonel. Elle se renverse sur le dos de sa chaise avec une expression de vive souffrance, puis elle glisse vers le sol.... Elle est morte; elle ne souffre pas, mais ne voit pas d'esprit. Elle a pu suivre son enterrement et entendre ce qu'on disait d'elle. « C'est heureux pour la pauvre femme; elle n'avait plus de quoi vivre! »

« Les prières du prêtre ne lui ont pas fait grand chose, mais sa promenade autour du cercueil a éloigné les mauvais esprits.... »

En lisant ces .... choses, nous avons très bien compris pourquoi M. le colonel de Rochas n'est plus administrateur de l'École polytechnique, où l'on enseigne surtout les sciences exactes.

Essais d'isolement. — M. C.-E. Skinner a traité ce sujet au dernier meeting de la *National Electric Light Association*. La tension d'essai doit être de 1,5 à 2 fois plus élevée que la tension de service. Dans des essais industriels, on ne dépasse jamais 250 000 v. Les transformateurs doivent avoir des dimensions telles que, pour des tensions d'essai inférieures à 30 000 v, on puisse disposer de 2 A, et pour des tensions supérieures à 30 000 v, de 1 A. L'appareil à essayer ayant une certaine capacité, de là la nécessité d'avoir pour des fréquences plus élevées des transformateurs plus puissants. Les alternateurs de 3600 kilowatts de la *Niagara Falls Power Cº* ont une capacité de 0,3 microfarad à 25 périodes et 6000 v, et un transformateur de 1,7 kw est nécessaire pour l'essai;

les génératrices de 5000 kw de l'*Interborough Rapid Transit C°* ont une capacité de 0,6 microfarad et nécessitent à 25 000 v et 25 périodes un transformateur de 25 kw.

Des trois modes employés pour obtenir la variation de la tension d'essai : 1° changement de la tension de la génératrice; 2° intercalation de résistances dans le circuit primaire ou dans le secondaire; 3° branchement en un point ou un autre de l'enroulement secondaire, c'est le troisième mode qui est le plus pratique.

Pour mesurer la tension d'essai, on peut déterminer la distance disruptive, mais c'est un procédé peu exact et incommode; on peut employer un voltmètre avec transformateur de mesure, mais l'appareil est d'un prix élevé.

Il est à recommander de procéder à des essais à haute tension dans toutes les périodes de la fabrication d'un appareil et d'augmenter, au fur et à mesure de l'avancement de l'appareil, la tension d'essai.

Fabrication et essais des isolateurs à haute tension. — L'expérience des transmissions à haute tension a montré que la qualité des isolateurs joue un rôle important; aussi la *Zeitschrift für Elektrotechnick* du 30 juillet consacre un article à la description de la fabrication et des essais des isolateurs à haute tension de la *Loke Insulator Manufacturing C°*, la fabrique la plus importante d'Amérique, qui fournit à peu près tous les isolateurs à haute tension employés dans ce pays.

On emploie du kaolin de la meilleure qualité; après avoir dosé la matière d'après des données particulières, on la pulvérise finement et, avec de l'eau, on en forme une pâte liquide. On place cette pâte dans un moulin afin de la diviser plus finement encore; ce moulin renferme des cailloux qui, lors de la rotation, viennent frapper sur la pâte et la divisent. La pâte passe ensuite à travers un tamis, puis est amenée à un réservoir, et de là est envoyée par des pompes à des presses à filtres; chaque presse est constituée par une série d'anneaux de 75 cm de diamètre, recouverts de toile à voiles. La pâte est introduite sous pression par un trou percé dans l'anneau; l'eau coule et il reste dans l'anneau une masse molle. Afin de rendre cette masse encore plus homogène, elle est comprimée dans une sorte de cylindre de 10 cm de diamètre, c'est donc à l'état de barre que la pâte sort. Les moules des isolateurs sont en plâtre et ont des dimensisns de 15 pour 100 plus grandes que les dimensions définitives, à cause du retrait à la cuisson. Le moule est placé sur la table à mouler, l'intérieur enduit d'huile; la pâte molle est alors versée et, au moyen d'un couteau approprié, on égalise l'épaisseur et on donne la forme intérieure à l'isolateur. Après quelques heures, le moule ayant absorbé une partie de l'eau de la pâte, celle-ci devient assez dure pour être sortie du moule et être portée sur la table du tour afin de faire disparaître les petites inégalités, après qu'on les a mouillées avec une éponge humide. L'isolateur est alors complètement séché et on le plonge dans la substance qui doit l'émailler après cuisson; elle a actuellement une couleur brune qui est préférée.

On porte ensuite les isolateurs au four; les fours sont des cylindres maçonnés de 5 m de hauteur et 5,5 m de diamètre, avec des ouvertures pour l'allumage disposées à la base. Les isolateurs sont séparés par des cloisons en terre réfractaire qui les protègent contre l'action directe des flammes, et les ouvertures sont bouchées.

Pour estimer la température du four, on se sert de petites boules, fondant à une certaine température, ou encore mieux d'un pyromètre Le Chatelier. Quand la température voulue est atteinte, on laisse refroidir et on débouche les ouvertures. On porte alors les isolateurs dans la salle d'essais et chacune de leurs parties est soumise à une tension alternative jusqu'à ce qu'une décharge disruptive ait lieu.

On dispose dans la salle d'essais de tension de 400, 600 et 1100 v, et de 25 et 60 périodes; on y branche l'enroulement primaire d'un transformateur de 200 kw. Celui-ci donne pour 1100 v dans le primaire, 300 000 v au secondaire; il peut même donner 500 000 v, et être chargé au double de sa puissance normale. Les enroulements sont formés de bobines plates enfilées sur les branches du circuit magnétique; celui-ci a une section de 650 cm². Pour l'essai, les isolateurs renversés sont placés dans de l'eau salée contenue dans un bassin de 10 m² posé sur le sol: dans l'intérieur de chaque isolateur plonge une chaîne métallique en relation avec la haute tension; des interrupteurs servent pour une série d'isolateurs; l'essai dure de 1/2 à 2 minutes. Sur demande, on essaie aussi les isolateurs en les plaçant dans les conditions de la pratique, c'est-à-dire en les soumettant à une pluie artificielle.

Ces essais se font dans un local spécial muni d'instruments de toute sorte, et entre autres d'un voltmètre statique à miroir pour 255 000 v.

Quand on a préparé la pâte nécessaire pour un certain nombre d'isolateurs, on en fait une sorte de disque, qui est desséché et cuit beaucoup plus rapidement que les isolateurs, de manière à être prêt à être soumis aux essais quelques jours avant l'achèvement des isolateurs. On soumet ce disque à des essais et ce n'est que s'ils donnent de bons résultats que l'on achève la fabrication du lot d'isolateurs.

Monnaies en zinc. — Saviez-vous que des monnaies en *zinc* avaient cours légal dans nos colonies? L'existence de ces monnaies nous est révélée par un décret du Président de la République, daté de la Bégude de Mazenc le 29 août 1905, relatif à la fabrication des monnaies d'argent et de bronze dans l'Indo-Chine et de pièces de 1/600ᵉ de piastre destinées au protectorat du Tonkin. Voici d'ailleurs l'article premier de ce décret dont l'article 2 et dernier est relatif à son exécution et à son insertion.

Article premier. — Les pièces de bronze de 1/100ᵉ de piastre et de 1 sapèque (1/500ᵉ de piastre) auront cours légal jusqu'à concurrence de 2 piastres pour chaque payement.

La pièce de zinc de 1/600ᵉ de piastre aura pouvoir libératoire pour l'appoint de la piastre.

Nouvelles locomotives électriques du New York Central Railroad. — On se rappelle que le New York Central Railroad avait commandé à la *General Electric C°* de Shenectady, 30 locomotives d'un modèle nouveau, pouvant développer 1650 kw, comportant 4 essieux moteurs et pesant 100 tonnes. La première de ces locomotives ayant subi depuis plusieurs mois des essais de service satifaisants, les constructeurs viennent de recevoir la commande de 5 nouvelles locomotives du même modèle, ce qui porte à 35 le nombre des locomotives en construction pour le New York Central Railroad.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Bonnières (Seine-et-Oise). — *Éclairage.* — La ville de Bonnières va être dotée prochainement de l'éclairage électrique sur tout son territoire. Des pourparlers engagés depuis quelque temps, il résulte qu'un accord est intervenu entre cette ville et la Société du Secteur électrique des vallées de la Seine et de l'Epte.

Ce secteur alimente déjà de nombreuses localités notamment : la Roche-Guyon, Vétheuil, Moisson et Freneuse, en Seine-et-Oise et Gasny dans l'Eure.

Gignac (Hérault). — *Éclairage.* — Nous apprenons qu'un concours est ouvert pour l'installation de l'éclairage électrique de la ville de Gignac. On peut avoir des renseignements à la mairie ou chez M. Aroles, ingénieur des ponts et chaussées, rue David-Belugou, à Montpellier, à qui les projets devront être adressés.

Soulac (Gironde). — *Éclairage.* — Il paraîtrait que la question de l'éclairage électrique est en bonne voie. M. E. Labroue rétrocessionnaire, ingénieur à Bordeaux et professeur d'électricité à l'école philomathique, en a pris la direction.

MM. Blanchard, maire de Bègles, et Capdegelle, directeur de la Compagnie Phénix, font partie du Conseil d'administration.

Les travaux pour la construction de l'usine vont commencer incessamment.

Les propriétaires des chalets trouveront au secrétariat de la mairie de Soulac tous les renseignements pour contrats d'abonnement.

Montluel (Ain). — *Traction électrique.* — L'ouverture d'une enquête sur le projet de modification du tracé primitif de la ligne de tramway de Lyon, place Tolozan, à Dagneux (Ain), a lieu en ce moment dans les communes traversées.

A Montluel, l'emplacement de la voie dans la traversée de la localité se trouve entièrement sur le bord sud de la chaussée.

Le nouveau plan a l'avantage capital de supprimer deux traversées de la chaussée dans la partie la plus étroite de Montluel, ce tracé est conforme aux vœux du conseil municipal qui demandait, dans une de ses délibération, que la voie soit établie dans la Grande-Rue, en suivant autant que possible le côté droit.

ÉTRANGER

Milan. — *Électromobiles postales.* — L'Administration des postes italiennes a récemment mis en service, à Milan, une automobile électrique qui sort des ateliers de la maison Camona, Giussani, Turinelli et C°. Cette voiture ne dessert, provisoirement, que la partie intérieure de la ville.

On compte, plus tard, étendre le service à tous les quartiers de Milan.

Cette automobile se distingue sensiblement des voitures du même genre déjà en service.

Elle est divisée en deux parties. Celle d'avant est occupée par une plate-forme où se trouvent établis tous les organes de commande, de direction et de marche, ainsi que les appareils nécessaires pour le contrôle de fonctionnement des moteurs et des accumulateurs. La partie intérieure représente un bureau de poste avec appareils de ventilation et de chauffage.

Le trajet parcouru est d'environ 23 km avec arrêt devant chaque boîte aux lettres.

D'une boîte à l'autre, le facteur trie les lettres, les timbre et remet les paquets à un agent qui les répartit dans autant de casiers qu'il y a de facteurs chargés de distribuer la correspondance dans les divers quartiers de la ville. En une heure et demie, toutes les boîtes sont levées.

Monheim (Allemagne). — *Chemin de fer électrique.* — Un chemin de fer électrique sans rail, d'un type intéressant, a été mis en service récemment, pour relier Monheim, bourg situé entre Mülheim et Düsseldorf, sur la rive droite du Rhin, à la station de Langenfeld, sur la ligne Cologne-Düsseldorf-Berlin, distante de 4 km.

Une centrale de Solingen fournissait à Monheim du courant à haut potentiel, antérieurement employé pour l'éclairage et comme force motrice; on utilise actuellement ce courant pour l'alimentation du nouveau chemin de fer, qui a été construit par M. Strobrawa, de Cologne, sur les plans du système Schieman.

Dans ce système, les voitures roulent directement sur chaussée. Pour que deux fils de trolley, un pour l'aller, l'autre pour le retour du courant, soient suffisants, il faut que les leviers des trolleys soient flexibles et susceptibles d'un déplacement rotatif, afin de permettre les croisements.

Deux fils de cuivre dur servent au transport de l'énergie, ils sont suspendus, par l'intermédiaire de bras latéraux, à des poteaux qui supportent également les conducteurs amenant à Monheim le courant à haute tension employé pour l'éclairage.

L'installation de Monheim comprend actuellement une voiture motrice pour voyageurs et une locomotive, pour le service des marchandises, avec des voitures de transport. La voiture motrice est pourvue d'un moteur de 20 kw et possède une capacité de 25 personnes; la locomotive est pourvue symétriquement de deux moteurs de même puissance (20 kw); à la première peut être accouplée une voiture ordinaire, susceptible de contenir 25 personnes également; l'adjonction de cette voiture réduit à 12 km:h la vitesse de la voiture motrice qui, seule, atteint 15 km:h; à la seconde peuvent être attachés des wagons spéciaux pourvus d'un mode de couplage breveté; chargée, la locomotive parcourt 6 km:h.

Pour apprécier ces chiffres, il y a lieu de tenir compte des conditions de marche des voitures et, notamment, de la nature du terrain.

Bien que, sous certains rapports, le mode de locomotion adopté soit inférieur à celui auquel sont habituées les grandes villes, le système n'en a pas moins donné des résultats très satisfaisants. C'est ainsi que la statistique indique pour une période de quatre mois, une circulation de 13 000 personnes. On évalue à 15 000 fr, le rapport annuel de la ligne pour le service des voyageurs; les prix du transport sont de 15 pfennige (19 centimes) pour les enfants, et 25 pfennige (31 centimes) pour les grandes personnes, ce qui est assez élevé; la durée du trajet atteint, en général, une vingtaine de minutes. Le service des marchandises a un rapport prévu de 10 000 fr. La recette totale s'élèvera donc, selon les probabilités, à 25 000 fr, ce qui constitue un bénéfice assez sérieux, couvrant les frais d'intérêt et d'amortissement du capital emprunté pour établir ce service. Peut-être n'en eût-il pas été de même si les autorités communales s'étaient hasardées à entreprendre la création d'une ligne à voie ferrée, dont la pose aurait entraîné des dépenses considérables.

Deux autres lignes de voitures électriques établies d'après le même principe, sont en service en Allemagne : ce sont celles de Biélatal en Saxe, et de Grevenbrück en Westphalie; cette dernière ligne est également due à M. Strobawa.

Wellington (Indes anglaises). — *Transmission d'énergie.* — Les installations électriques se développent de plus en plus dans les colonies anglaises; c'est ainsi qu'une fabrique placée à proximité de Wellington, dans la province de Madras utilise l'énergie d'une chute d'eau située à 6 km. La hauteur de chute est 190 m et le débit moyen 12,7 m³:m. L'eau a été captée dans des tuyaux en acier de 60 cm de diamètre et de 4,8 à 11,2 mm d'épaisseur. La salle des machines contient 6 turbines Girard, dont 4 ont une puissance de 175 poncelets à 400 t:m et sont accouplées à des générateurs triphasés de 125 kw sous 5000 volts à 40 p:s. Les deux autres turbines ont une puissance de 28 poncelets à 800 t:m et entraînent les excitatrices. La ligne du transport d'énergie est établie sur des poteaux en fer portant des bras transversaux en bois. Les fils sont maintenus sur des isolateurs à triple cloche placés aux sommets d'un triangle équilatéral de 1 m de côté.

Les courants triphasés sont employés dans la fabrique sous une tension de 580 volts; le conducteur neutre du système en étoile contient une bobine de self-induction pour le réglage de la tension.



ALTERNATEUR A CHAMP DOUBLE

POUR COURANTS ALTERNATIFS SIMPLES ET POLYPHASÉS (¹)

La 13ᵉ Assemblée annuelle de l'Association des électriciens allemands tenue, cette année, à Dortmund a offert aux électriciens l'attrait habituel des travaux de cette Société savante. Parmi les mémoires qui y ont été lus, l'un des plus remarqués était dû à M. Ziehl, en raison des applications nouvelles que la machine qu'il a présentée semble susceptible de recevoir.

Cette communication est en outre intéressante à notre point de vue spécial, car elle démontre une fois de plus combien facilement, en France, les inventions qui y prennent naissance échappent à l'attention générale ou disparaissent du souvenir, quitte à ce qu'on leur accorde ensuite droit de cité quand elles ont reçu à l'étranger, plus ou moins longtemps après, la consécration d'une réinvention.

Ceci soit dit sans diminuer en rien le mérite du nouvel inventeur, car il n'est pas rare de voir des esprits sagaces se rencontrer en un même pays dans de communes inventions et à intervalle de temps, de fort bonne foi; donc *à fortiori* d'un pays à l'autre. Bien plus, l'importance du travail de M. Ziehl, les résultats expérimentaux qu'il y a introduits nous ont paru tels que nous ne saurions rendre à cet auteur un hommage plus sincère qu'en reproduisant en détail sa communication qui met, au surplus, en évidence des applications auxquelles on n'eût pas été amené à songer il y a quelque dix ans.

Mais pour confirmer l'observation ci-dessus et liquider de suite la question d'antériorité qui s'est présentée à notre connaissance, nous dirons que l'étude de M. Ziehl nous a conduit incidemment à constater que la machine en question n'est rien autre que celle réalisée jadis par l'un de nos plus éminents et estimés ingénieurs, M. P. Boucherot. L'invention a été établie en France, d'après les documents auxquels nous nous sommes reportés, par des brevets et certificats d'addition (²) datant de 1894 et 1895; elle fut même brevetée en Allemagne (³). La description de la machine fut aussi présentée à la Société internationale des électriciens sous une forme particulière (excitation avec condensateur, voy. *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, t. XV, p. 91 et suiv.), en 1898.

Pour des raisons d'opportunité ou de fait qu'il ne nous appartient ni de rechercher ni d'apprécier, l'invention ne retint pas alors l'attention qu'elle pouvait mériter, et plusieurs années après, les applications ne se présentant pas, les brevets tombèrent en désuétude (1901 en France, 1899 en Allemagne, si nos renseignements sont bien précis).

Empiétant sur la description que nous donnerons plus loin, nous ajouterons que l'invention de M. P. Boucherot consistait en un alternateur synchrone de construction spéciale excité par des condensateurs ou autres machines.

Le brevet du 15 juin 1894 et les certificats d'addition des 7 janvier et 4 mai 1895 qui en font foi, comportaient les points suivants que nous retrouverons, en majeure partie, à propos de la machine de M. Ziehl : la disposition à deux induits avec variante à 1, 2 et 3 phases; les couplages en série ou en parallèle; le remplacement éventuel des condensateurs excitateurs par d'autres appareils; les enroulements spéciaux d'excitation; l'utilisation d'un seul des induits, l'autre servant d'inducteur; l'emploi d'enroulements avec collecteur pour redressement du courant d'excitation; l'emploi d'un moteur synchrone surexcité ou même d'une génératrice pour l'excitation; l'usage de capacités électrolytiques; les excitations shunt, série ou compound....

A cette sèche énumération nous sommes obligés de borner le tribut de justice que nous désirions acquitter; il sera aisé au lecteur, en se reportant aux sources indiquées, de s'assurer que le rapprochement établi était légitime. Il restera encore à l'auteur, dont nous allons maintenant reprendre l'intéressant travail, une part assez belle puisqu'en recréant le matériel dont il s'agit, il aura pu montrer le débouché d'applications que l'industrie de jadis n'avait pu ou su entrevoir.

La nouvelle machine participe à la fois des principes des machines synchrones et de ceux des machines asynchrones et, prenant certains avantages des unes et des autres, en évite les principaux inconvénients.

Les alternateurs synchrones se recommandent actuellement par la simplicité de leur construction, tant au point de vue électrique que mécanique, et par la sécurité que présente leur fonctionnement. Les générateurs asynchrones, compensés ou compoundés, tels que ceux d'Heyland récemment introduits sur le marché, se distinguent, de leur côté, par des propriétés avantageuses pour la transmission d'énergie, en raison de l'absence de chute de tension et des facilités du couplage en parallèle; par contre, ils exigent l'emploi de balais, de collecteurs et de connexions plus ou moins compliquées.

La nouvelle machine se différencie essentiellement des précédentes. Elle se rapproche, en général, des moteurs asynchrones polyphasés usuels à bagues et en possède, à la fois la disposition mécanique simple et robuste et la sécurité du fonctionnement.

D'autre part elle est basée, comme les machines asynchrones de Leblanc et d'Heyland, sur le principe de la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique par la marche hypersynchronique.

Elle se différencie cependant de toutes ces machines, en ce que le rotor et le stator, au lieu de servir respectivement à la transformation de l'énergie et à la production

(¹) D'après une communication de M. E. Ziehl à la 13ᵉ Assemblée annuelle de l'*Association des électriciens allemands*, séance du 8 juin 1905 à Dortmund.
(²) Numéro 239 332.
(³) Numéro 92 859 du 1ᵉʳ février 1895.

du champ, *concourent tous deux au développement de l'énergie électrique.*

La nouvelle machine a été appelée *machine à champ double*, parce qu'elle comporte toujours deux enroulements énergétiques produisant aussi deux champs: il eut été, en réalité, plus correct de l'appeler *machine à champ tournant double*, mais la première expression a été conservée pour abréger le langage.

Pour faire bien saisir le principe du fonctionnement, nous allons envisager un certain nombre de cas, en passant du simple au compliqué.

Si l'on applique, au repos, aux bornes d'un moteur à champ tournant à induit ou rotor à bagues, la différence de potentiel d'un réseau polyphasé, le rotor étant à circuit ouvert, le courant absorbé correspond, comme l'on sait, à l'entretien du champ tournant et aux pertes dans le fer. Ce *courant à vide* se partage en deux composantes, l'une wattée, l'autre déwattée, la première ne représentant que quelques centièmes du courant watté en charge. L'enroulement du rotor n'est parcouru par aucun courant, mais est le siège de f. é. m. de même fréquence que les courants d'alimentation.

Si l'on ferme alors le rotor sur des résistances non inductives, on a le cas le plus simple d'un transformateur statique : l'énergie électrique change de mode, c'est-à-dire qu'il y a simplement transformation de la tension.

Si l'on vient à entraîner artificiellement le rotor, la fréquence, suivant le sens de rotation imposé, y augmente ou diminue; elle décroît si le rotor tourne dans le même sens que le champ, et elle augmente si c'est l'inverse.

Prenons, par exemple, un moteur à champ tournant tétrapolaire à 50 périodes, et faisons-en tourner le rotor dans le même sens que le champ à 1500 t : m; la fréquence et la f. é. m. induite dans le rotor seront nulles. Le moteur ne recevra ni n'absorbera d'énergie, aux pertes près, et se comportera comme lorsque, à l'arrêt, le rotor était à circuit ouvert.

A la vitesse angulaire de 1500 t : m en sens contraire, la vitesse relative du champ et du rotor se trouvera doublée et la f. é. m. dans le rotor sera double de ce qu'elle était au repos. Si l'on ferme alors le rotor sur la même résistance qu'au repos, la puissance électrique développée par la machine sera double; comme la puissance fournie au stator n'a pu subir de modification, il aura fallu fournir mécaniquement la puissance complémentaire. La machine, en ce cas, fonctionne en partie comme génératrice, en partie comme transformateur; elle constitue un convertisseur d'énergie et de fréquence, dont la puissance électrique développée est la résultante de la puissance électrique fournie au stator et de la puissance mécanique complémentaire fournie au rotor.

Quand la vitesse angulaire relative du rotor et du champ tournant correspond à la fréquence de 100 périodes par seconde, la puissance mécanique fournie au rotor est égale à la puissance électrique fournie au stator. Pour toute autre fréquence du rotor, la puissance fournie mécaniquement est proportionnelle à l'accroissement positif de la fréquence.

D'une manière générale, si l'on pose :

z_1, fréquence des courants dans le stator;

z_2, fréquence des courants dans le rotor;

p, nombre de pôles du stator et du rotor;

n, vitesse angulaire relative, en t : s, du rotor et du stator,

on a la relation :

$$z_2 = z_1 + pn.$$

Si donc le rotor tourne en sens contraire du champ, en considérant le sens de rotation de cet organe comme positif, la fréquence dans le rotor croîtra au delà de z_1.

Pour $n = 0$, la machine travaillera comme transformateur simple de tension, la fréquence étant égale à celle des courants d'alimentation; pour $n > 0$, elle fonctionnera comme transformateur-générateur.

Si l'on inverse le sens de rotation du rotor, on a :

$$z_2 = z_1 - pn$$

et, depuis le repos jusqu'au synchronisme, la fréquence diminuera, la machine fonctionnant, en cet état, exclusivement comme transformateur.

En continuant à élever négativement la vitesse de rotation, on arrive, quand elle est double en valeur absolue de celle du champ, à cet intéressant résultat que la fréquence dans le rotor est la même que celle dans le stator. La machine est alors exclusivement génératrice d'électricité.

La figure 1 *a* et *b* représente des éléments du rotor et du stator d'une génératrice triphasée; les enroulements 1,

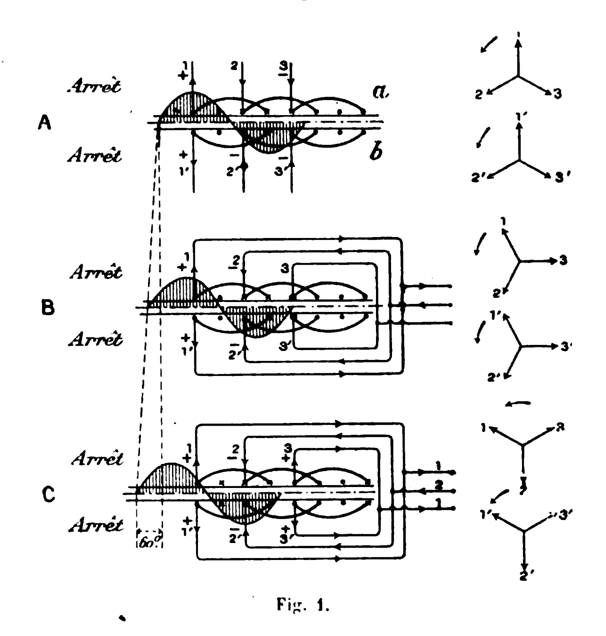


Fig. 1.

2, 3, 1', 2', 3', sont supposés identiques respectivement pour le stator et le rotor.

Supposons également fixés le stator *a* et le rotor *b*, et engendrons dans la machine, par un procédé quelconque,

un champ tournant antihorlogiquement. Les f. é. m. engendrées auront, dans le stator et le rotor, pour la position instantanée du champ figurée par des hachures, les directions représentées respectivement par des croix et des points. Si l'on admet que les f. é. m. soient sinusoïdales, les valeurs instantanées de celles-ci auront les directions vectorielles indiquées par les diagrammes représentés sur les côtés des figures 1 *a* et 1 *b*, le diagramme supérieur se rapportant au stator et l'autre au rotor.

Les courants 1, 1'; 2, 2'; 3, 3', ont deux à deux même intensité et même sens; ils sont en phase et peuvent, par suite, être associés en série ou en quantité. Ce dernier couplage des phases est employé dans le cas de la figure 1 B; ici le champ tournant est supposé s'être déplacé de 30°, tandis qu'un nouveau déplacement de 30° a été effectué dans le cas de la figure 1 C. Comme pour un transformateur statique, les courants des deux bobinages sont restés en phase durant tous ces déplacements et les enroulements, travaillant en parallèle, se comportent comme des bobines couplées en quantité de transformateurs.

Faisons tourner maintenant le rotor *b* horlogiquement à une vitesse double du champ, et celui-ci, cette fois, en sens contraire du cas précédent. Les enroulements du stator seront alors coupés par un champ qui tournera alors en un sens inversé par rapport à l'expérience faite au repos.

La figure 2 se rapporte corrélativement à la figure 1, au cas du rotor mobile pour 3 situations instantanées successives du champ et des enroulements. La figure 2 A

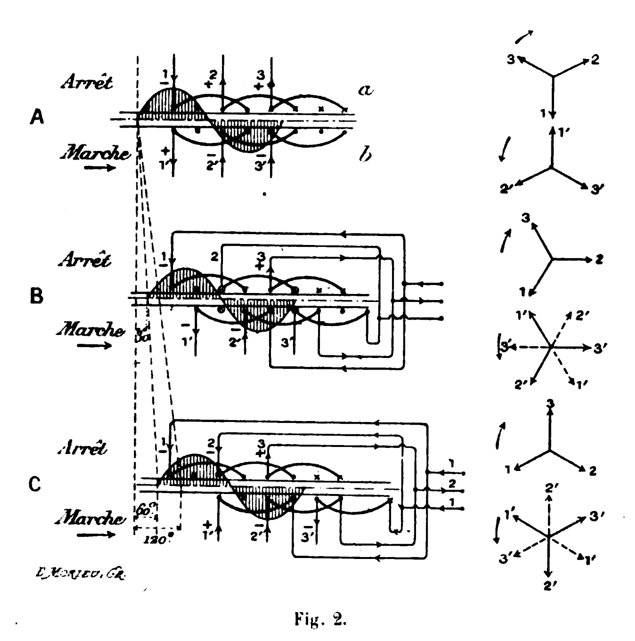


Fig. 2.

correspond à la position du champ et des enroulements de la figure 1 A et montre que les courants dans l'enroulement du rotor conservent bien la même allure qu'à l'état de repos, tandis qu'il y a inversion pour ceux du stator.

Avec la figure 2 B, nous passons au cas où le rotor a avancé de 60° dans le sens horlogique; les hypothèses restant les mêmes que précédemment, le champ se sera déplacé de moitié, soit de 30° vers la droite par rapport au stator et de 30° vers la gauche par rapport au stator. Les enroulements du stator et du rotor se trouveront, en leurs places correspondantes, induits de la même façon. Toutefois, le diagramme supérieur, relatif au stator, est inversé par rapport à celui correspondant au repos, tandis que le sens des vecteurs de celui relatif au rotor n'est pas modifié.

Pour coupler alors en parallèle les deux enroulements, il faudrait observer les conditions suivantes :

1° Permuter deux des phases d'un des enroulements pour conserver la similitude convenable des phases;

2° Renverser complètement les enroulements soit du stator, soit du rotor, puisque les courants dans le stator sont inversés.

Les phases sont ainsi couplées dans la figure 2; celles du rotor sont inversées et les phases 2 et 3 du stator sont permutées. L'inversion des phases est indiquée en pointillé dans le diagramme inférieur.

La figure suivante 2 C est relative à la situation instantanée des courants et des champs pour une rotation ultérieure de 60° du rotor vers la droite et un déplacement du champ de 30° par rapport aux enroulements.

On voit par les figures 2 B et 2 C que les deux enroulements, grâce aux précautions indiquées, fonctionnent de façon absolument similaire.

Si l'on compare maintenant la machine de la figure 2 avec celle au repos de la figure 1 pour les positions A, B, C, du champ, on arrive à cet intéressant résultat que, pour toute position, *les courants engendrés dans les deux enroulements, stator et rotor, sont dirigés en sens contraires*. En d'autres termes, les courants induits des deux enroulements étant en opposition, les forces magnétomotrices produites y sont également en opposition et, par suite, il n'y a pas de réaction d'induit comme il s'en produit avec les machines ordinaires. Pour en revenir à la considération des machines compensées, *celle que nous considérons ici se trouve compensée naturellement* et non artificiellement.

Les figures 3 et 4 montrent l'allure instantanée des courants pour une machine diphasée. La figure 3 est relative à deux positions, A et B, du champ, la machine étant au repos; la figure 4 se rapporte à la marche pour 4 positions A, B, C, D, du champ.

La vitesse donnée mécaniquement au rotor est double de celle du champ tournant, comme on l'a supposé précédemment.

Pour coupler les deux enroulements en parallèle, il n'est pas seulement nécessaire, en dehors de l'inversion de l'un d'eux, de permuter une phase, mais bien d'inverser absolument celle-ci; c'est ce qui se produit dans la figure 4 B pour la phase 2.

Ici, le déplacement du champ a progressé de 45°, tandis

que le rotor s'est déplacé de 90°; ce qui a été dit pour les figures 1 et 2 s'applique à la suite des figures 4 A à 4 C.

Au lieu d'associer les enroulements de la machine di-

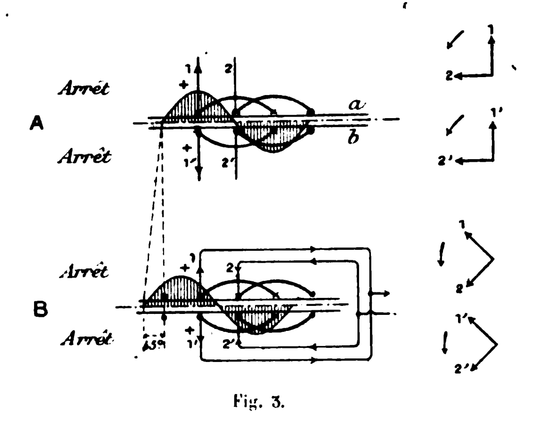


Fig. 3.

ou polyphasée en parallèle, on peut les coupler en tension.

Dans ce cas, pour que les courants des phases aient même sens, il faut retourner soit les phases du stator,

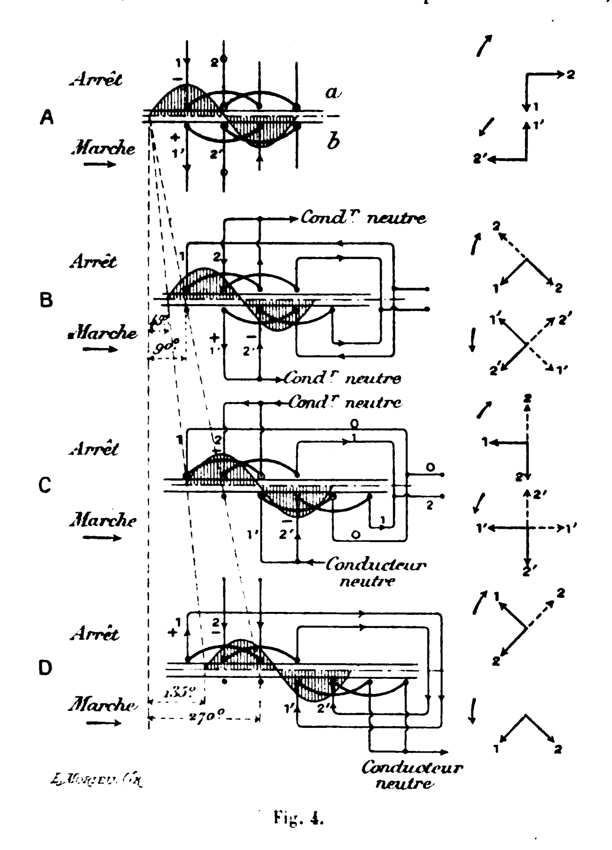


Fig. 4.

soit celles du rotor. Ce genre de couplage est indiqué par la figure 4 D.

La machine diphasée, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par les figures, est tout aussi bien compensée que la machine triphasée.

En laissant de côté les phases 2 et 3, 2' et 3' des figures 1 et 2, on arrive à la machine à courant alternatif simple. La compensation n'est pas aussi parfaite, mais peut être améliorée par une répartition judicieuse des enroulements des deux organes.

On a considéré jusqu'ici les courants comme étant en phase avec la différence de potentiel aux bornes. Par suite, le champ inducteur pouvait être, en raison de la compensation parfaite, considéré comme invariable entre la marche à vide et celle en pleine charge.

Les f. é. m. induites des deux enroulements étant proportionnelles à l'intensité de ce champ, une machine de ce genre donnerait une différence de potentiel constante aux bornes sans aucun réglage, à la chute ohmique près, entre la marche à vide et celle en charge.

Si l'on arrive maintenant à introduire dans la machine le champ inducteur supposé, on réalisera la génératrice pure et simple équivalente à celle de tout autre système connu, puisque, d'une part, l'énergie électrique y sera obtenue par simple transformation d'énergie mécanique, et que, d'autre part, l'énergie nécessaire à l'excitation se trouvera utilisée identiquement comme pour les machines connues à courant continu ou alternatif. De même que pour le moteur à champ tournant au repos, avec rotor à circuit ouvert, la puissance absorbée par l'excitation est juste celle exigée pour la production d'un champ tournant invariable (ou considéré, pour simplifier, comme invariable) entre la marche à vide et celle en pleine charge, c'est-à-dire seulement quelques centièmes de la puissance totale de la machine.

Le champ tournant est pratiquement facile à réaliser et peut être développé dans la machine par différents procédés que nous allons examiner.

Le moyen qui vient immédiatement à l'idée consiste à disposer un enroulement spécial soit sur le rotor, soit sur le stator, et à alimenter cet enroulement par une source polyphasée, en lui donnant, bien entendu, une position déterminée relativement aux enroulements principaux, ainsi qu'un sens de rotation convenable.

Comme on l'a vu précédemment sur les figures, il faut que le champ tournant soit constamment en quadrature avec les enroulements principaux; le centre de gravité de la répartition des forces magnétomotrices par pôle à la périphérie des armatures doit donc être décalé en conséquence. Par suite, on aura soin de disposer l'enroulement excitateur en quadrature avec les enroulements principaux; cette condition devra naturellement être remplie tant que le courant et la différence de potentiel de cet enroulement inducteur seront en phase.

Tel n'est pas cependant le cas général; mais, comme nous pouvons ici admettre que le courant d'excitation est fourni par une source indépendante, il importe peu qu'il y ait ou non un certain déphasage dans le circuit spécial d'excitation. Il suffirait, pour en tenir compte, de décaler la différence de potentiel aux bornes de l'enroulement lui-même, jusqu'à ce que le champ produit soit bien exactement en quadrature avec les enroulements du stator ou du rotor.

Un enroulement séparé d'excitation disposé dans le rotor, est représenté sur la figure 5, par les phases 4, 5, 6. Il est placé dans des entailles ménagées entre celles recevant l'enroulement principal. En pratique, on répartit les bobines dans un certain nombre d'encoches par pôle

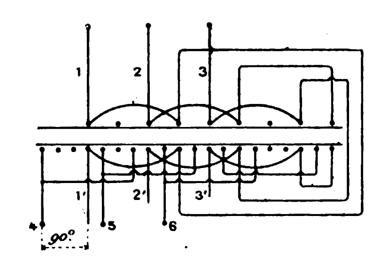


Fig. 5. — Schéma des enroulements, excitation séparée.

et phase, et l'on peut alors utiliser dans ce but les encoches elles-mêmes de l'enroulement principal.

Dans la figure 5, les enroulements principaux du stator et du rotor sont supposés couplés en série.

On peut se rendre très facilement compte du fonctionnement de la machine à double champ, d'après le diagramme simple du transformateur de Kapp ; nous admettrons aussi que la machine ne présente ni dispersion ni chute ohmique.

1° Considérons d'abord le cas d'une charge non inductive. Soit ON, figure 6, le vecteur de l'intensité du champ engendré par le courant Oi_0 de l'enroulement 4, 5, 6.

Fig. 6. — Diagramme de fonctionnement, charge non inductive.

OE_1 est la f. é. m. vectorielle induite dans l'enroulement 1′ 2′ 3′ et dirigée à 90° du vecteur ON.

OI_1 est le courant en phase avec cette f. é. m.

La f. é. m. E_2 induite dans les phases 1, 2, 3 et le courant I_2 en phase avec celle-ci sont dirigés à 90° de ON, mais en sens contraire des précédentes.

On peut figurer tous ces vecteurs en un diagramme commun, en observant que les vecteurs des f. é. m. induites (ou des intensités) tournent en sens contraire l'un par rapport à l'autre.

Comme $OI_1 = OI_2$ (pour un même nombre de spires au stator et au rotor), les forces magnétomotrices propres aux deux enroulements principaux se compensent, et le champ, ou le courant qui l'engendre, reste invariable, sans réglage aucun, quelle que soit la charge de la machine ; la f. é. m. et la tension aux bornes restent donc constantes.

2° Considérons maintenant le cas d'une charge inductive. Les courants des enroulements principaux font avec les f. é. m. correspondantes un angle φ, figure 7, de sorte que la composante déwattée du courant tend à affaiblir le champ N. Mais, comme l'enroulement inducteur est excité à une fréquence égale à celle des enroulements principaux, la réaction ainsi produite entraînera, par induction mutuelle sur le circuit d'excitation, l'absorption d'un courant supplémentaire tel que la force magnétomotrice de réaction résultante soit immédiatement compensée et que le flux se maintiendra à une valeur constante, contrairement à ce qui se passe pour les génératrices excitées par du courant continu. Ainsi, comme on le voit sur la figure 7, le courant d'excitation Oi_0 s'accroîtra de la quantité OI_0. Cet accroissement se produirait aussi au cas où la machine, en raison d'une disposition défavorable des enroulements, n'assurerait pas une compensation parfaite des réactions réciproques des deux enroulements principaux ; c'est ce qui se produit pour les machines à courant alternatif simple.

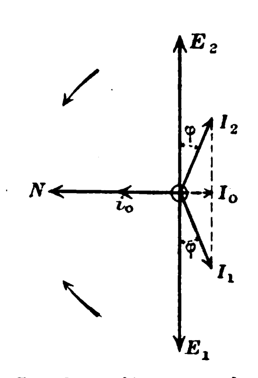


Fig. 7. — Diagramme de fonctionnement, charge inductive.

Par conséquent, s'il n'y avait ni dispersion, ni chute ohmique, la machine donnerait une différence de potentiel constante, même avec charge inductive.

La recherche de l'influence de la dispersion et de la résistance compliquerait inutilement l'exposé des principes et des propriétés de la machine ; nous ne l'aborderons pas ici. D'ailleurs, pour réduire l'importance de ces éléments, il suffit d'observer les mêmes règles que pour la construction des moteurs polyphasés.

Il est de grande importance de réaliser une combinaison intime de l'enroulement inducteur et des enroulements principaux ; on y arrive en rendant les enroulements aussi semblables que possible et en les répartissant à la périphérie des armatures de façon judicieuse pour obtenir une compensation aussi parfaite que possible.

La génératrice à champ double a été construite par la *Berliner Maschinen Bau A. G.*, anciennement *Schwartzkopff*. Le type ND 7 présenté par M. Ziehl est à 6 pôles et construit pour donner une différence de potentiel de 190 v à 1000 t : m à la fréquence de 50 périodes : s.

Les dimensions principales de cette machine sont les suivantes :

Diamètre du rotor, en mm	300
Largeur, en mm	130
Entrefer simple, en mm	1,25
Nombre de dents (stator et rotor)	54
Nombre de dents par pôle et par phase	3
Nombre de conducteurs par phase :	
Stator	144
Rotor	144
Diamètre du fil, en mm	3,6

L'enroulement inducteur est logé dans les entailles du stator qui sont, en conséquence, plus grandes que celles du rotor. Le nombre des conducteurs d'excitation est de 144 par phase ; le diamètre du fil de cet enroulement est de 1,8 mm.

Comme avec trois entailles par pôle et phase on ne

peut arriver exactement à donner à l'enroulement inducteur un déplacement relatif d'un demi-pas polaire, il est réparti dans quatre entailles (deux entières et deux demies) par pôle et phase et se trouve logé par-dessus l'enroulement principal, vers l'entrefer.

Lors des essais la machine était entraînée par un moteur synchrone et l'enroulement inducteur était alimenté par la même source que le moteur synchrone.

Les deux enroulements principaux étaient couplés d'abord en série, c'est-à-dire en reliant les trois entrées du rotor, dont les sorties formaient un point neutre, avec les trois sorties du stator au moyen de bagues; on avait ainsi un couplage en série-étoile du stator et du rotor.

Pour s'assurer de la similitude exacte des phases des deux enroulements on vérifiait la position initiale du rotor en mesurant les différences de potentiel respectives des phases du stator et du rotor ainsi que leur ensemble; on déplaçait au besoin le rotor jusqu'à ce que la somme arithmétique des premières coïncidât avec la différence de potentiel de l'ensemble. Il suffit naturellement de régler une fois pour toutes la position initiale du rotor, par rapport au stator.

La figure 8 représente la caractéristique à vide de la

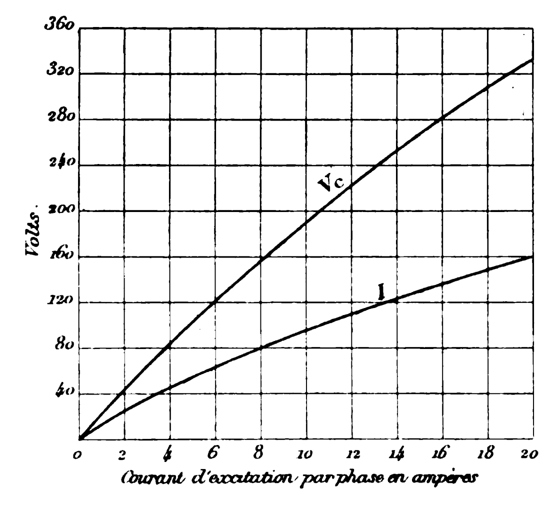


Fig. 8. — Génératrice synchrone à champ double type Nd7, 17,6 kv-A, 300 v, 1600 t : m, 40 périodes par seconde, 30 A. — Caractéristiques à vide. (Lire U_c au lieu de V_c.)

machine en fonction du courant d'excitation ainsi que la variation de la différence de potentiel d'excitation.

Les courbes de différence de potentiel aux bornes en charge pour des différences de potentiel d'excitation de 130, 150, 160 volts sont indiquées par la figure 9, en fonction du courant de charge pour un déphasage correspondant à cos $\varphi = 0{,}98$.

Pour le relevé de ces courbes, aucun réglage n'était opéré sur l'excitation. La figure 9 montre aussi les variations du courant d'excitation et de la puissance absorbée par l'excitation.

On se rend bien compte sur la figure que la puissance nécessaire à l'excitation correspond seulement aux pertes qui lui sont propres et qui sont, par suite, très faibles. Par conséquent l'énergie électrique recueillie avec la machine en question est effectivement produite en totalité et uniquement par transformation de l'énergie mécanique fournie, aux pertes près.

On constate aussi que le courant d'excitation croît plus avec la charge qu'on ne pourrait s'y attendre à première vue: cela tient essentiellement à ce que l'enroulement inducteur était disposé d'une façon désavantageuse sur cette machine d'essai et à ce que la dispersion y était très différente pour les deux enroulements par suite de l'inégalité des réluctances leur correspondant; l'entrefer, également assez important, constituait aussi un désavan-

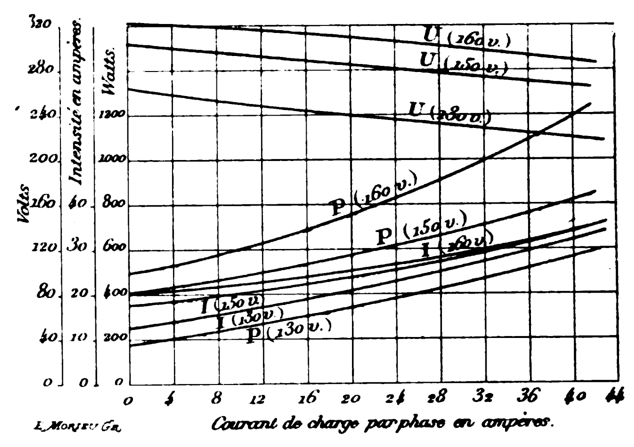


Fig. 9. — Génératrice synchrone à champ double type Nd7. — Caractéristiques en charge. — Couplage en série.

U, tension aux bornes. — *I*, courant d'excitation. — *P*, puissance absorbée par l'excitation.

tage marqué pour cette machine d'essai, comme le montre la figure 8, car le courant d'excitation pour la tension normale à vide y atteint 17,5 A, soit déjà 51,5 pour 100 du courant dans l'enroulement principal du stator, c'est-à-dire 51,5 pour 100 du courant de charge qui correspondrait à un moteur asynchrone de mêmes dimensions.

La même théorie s'applique encore si l'on transporte l'enroulement inducteur sur le rotor ou si on le répartit entre le stator et le rotor. Dans ce dernier cas chacune des parties reçoit la moitié du nombre total nécessaire de spires inductrices. Toutefois on peut remarquer de suite que la dispersion se trouve ainsi affaiblie puisque, d'une part, la combinaison du champ inducteur et des enroulements principaux est rendue plus intime et que, d'autre part, l'utilisation des deux armatures est plus uniforme.

On peut également coupler les deux enroulements inducteurs ainsi répartis en série ou en parallèle.

On peut encore éviter l'emploi d'un ou de deux enroulements séparés pour l'excitation en utilisant, à cet effet, les enroulements principaux eux-mêmes, qui doivent alors être des enroulements fermés.

C'est ce qu'indiquent les figures 10 et 11 où le courant inducteur est amené aux sommets *cde*, *c'd'e'*, tandis que le courant principal est pris en *fgh*, *f'g'h'*.

Considérons maintenant une machine disposée suivant l'une des figures 5, 10 ou 11 et travaillant sur un réseau à tension fixée. Il est encore possible de laisser de côté, d'une façon générale, l'excitation particulière. En ce cas, en effet, la machine emprunte au réseau les courants d'excitation qui lui sont nécessaires, tout comme une génératrice hypersynchrone ordinaire; ces courants d'excitation circulent alors dans les enroulements principaux en se superposant aux courants d'utilisation.

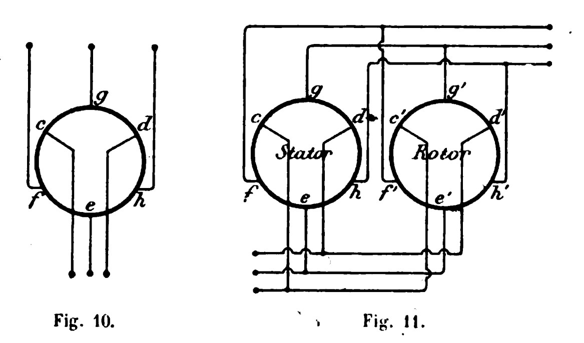


Fig. 10. Fig. 11.

Fig. 10 et 11. — Enroulement unique, générateur et excitateur.

Donc si plusieurs machines doivent fonctionner parallèlement sur un réseau on arrive à la considération de dynamos à champ double ne comportant dans le stator et le rotor qu'un enroulement actif.

De tels générateurs détermineraient bien, suivant leur puissance par rapport à celle du réseau général, la fréquence de celui-ci mais non sa tension; celle-ci s'ajusterait toujours à celle qui lui serait imprimée par ailleurs.

Le moteur asynchrone ordinaire à bagues ne permet pas de réaliser immédiatement le fonctionnement de la génératrice à champ double par les simples combinaisons d'enroulements qui ont été indiquées. Toutefois on peut fort bien élever la différence de potentiel ordinairement faible du rotor au moyen d'un transformateur et l'associer en tension ou en quantité avec celle du stator.

On pourrait encore faire débiter l'un des enroulements sur un circuit de charge séparé, l'autre continuant à travailler sur le réseau principal.

Si l'on envisage enfin le mode de fonctionnement de la machine à champ double avec excitation propre, au point de vue du diagramme vectoriel, comme on l'a fait figure 6 à propos de la charge non inductive, on peut arriver encore aux modifications suivantes :

Supposons, par exemple, que les deux enroulements principaux ou actifs soient couplés en parallèle. Ils engendrent alors en commun le champ ON (fig. 12), chacun d'eux nécessitant un courant d'excitation moitié de celui correspondant à l'excitation avec enroulement inducteur indépendant unique. Chacun des enroulements actifs devra donc porter de ce fait un courant supplémentaire $\frac{i_0}{2}$. Si maintenant, la génératrice doit fournir le courant total non déphasé I, soit I_1 pour le stator et I_2 pour le rotor, le courant résultant dans chacun des enroulements actifs sera la somme géométrique du courant watté I_1 ou I_2 et du courant d'excitation déwatté $\frac{i_0}{2}$. Ce dernier devant être emprunté au réseau ou à un moteur synchrone, le courant résultant sera déphasé sur la différence de potentiel aux bornes d'un angle φ dans le sens indiqué par les flèches.

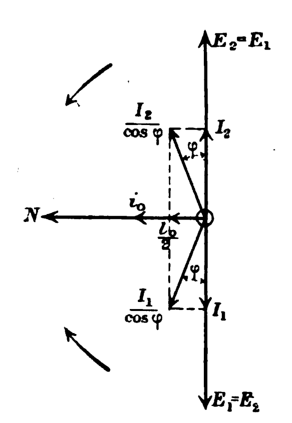


Fig. 12. — Diagramme de fonctionnement. — Machine sans excitation indépendante.

D'après la figure 12 le courant dans le stator sera $\frac{I_1}{\cos\varphi}$ et celui dans le rotor sera $\frac{I_2}{\cos\varphi}$, c'est-à-dire que la génératrice, au lieu d'être parcourué par le courant $I = I_1 + I_2$, devra supporter le courant :

$$I_1 + I_1\left(\frac{1}{\cos\varphi} - 1\right) + I_2 + I_2\left(\frac{1}{\cos\varphi} - 1\right),$$

ou, si $I_1 = I_2$,

$$I + I\left(\frac{1}{\cos\varphi} - 1\right);$$

l'enroulement et les dimensions de la génératrice devront, par suite, être appropriés à cette intensité.

Si le réseau sur lequel travaille la génératrice à champ double devait absorber des courants déwattés, celle-ci ne saurait les fournir et il faudrait les demander à une autre source génératrice (ou moteur synchrone) excité par courant continu; la génératrice à champ double continuerait à travailler par rapport au réseau avec son courant total

$$I + I\left(\frac{1}{\cos\varphi} - 1\right).$$

Il n'est donc pas besoin de prévoir les génératrices de ce genre pour une charge particulière, inductive ou non, supérieure à celle correspondante à la somme des courants ci-dessus. Afin même que la charge apparente soit aussi réduite que possible par rapport à la charge réelle, il suffit de rendre minimum le second terme, c'est-à-dire de diminuer le courant à vide de la machine. Celle-ci se calculera donc en observant les mêmes règles que pour les moteurs asynchrones à facteur de puissance élevé.

En comparant le diagramme de la figure 12 à celui qu'on obtiendrait pour un moteur asynchrone (en négligeant la dispersion et la résistance des enroulements), on constate, en faveur de la génératrice à champ double, que le déphasage produit par le courant magnétisant dans celle-ci est moitié de celui du moteur d'induction, car le stator et le rotor participent également à la production du champ.

Pour la même raison le déphasage du courant sur la

tension aux bornes provoqué par la dispersion ou autrement dit la force électromotrice due à la dispersion est moitié de ce qu'on observerait avec un moteur asynchrone.

Par conséquent une génératrice à champ double proportionnée comme un moteur asynchrone donné aura un facteur de puissance correspondant à un déphasage moitié.

Les résultats d'essais ont d'ailleurs pleinement confirmé les vues qui précèdent.

La figure 13 montre le dispositif d'essai de la machine à champ double N*d*7 dont les enroulements actifs étaient

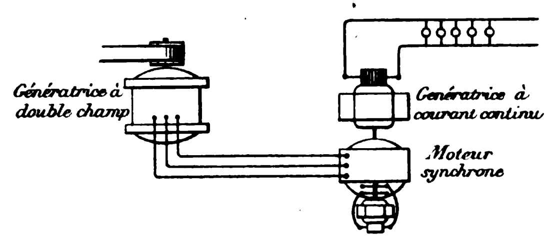


Fig. 13. — Dispositif d'essai de la machine à champ double Nd7.

couplés en parallèle et sans enroulement d'excitation spécial; la machine fonctionnait sur un réseau à 150 volts, la tension étant imposée ici par un moteur synchrone alternopolaire excité par du courant continu. Ce moteur entraînait une machine à courant continu chargée sur un circuit à courant continu. En chargeant progressivement la machine à courant continu, la génératrice à champ double se chargeait elle-même. On notait ici :

La puissance électrique fournie en kilowatts, au wattmètre;

Le courant principal I, par phase;

Le courant I_1 fourni par le stator et celui I_2 fourni par le rotor.

La figure 14 donne toutes ces valeurs en fonction de

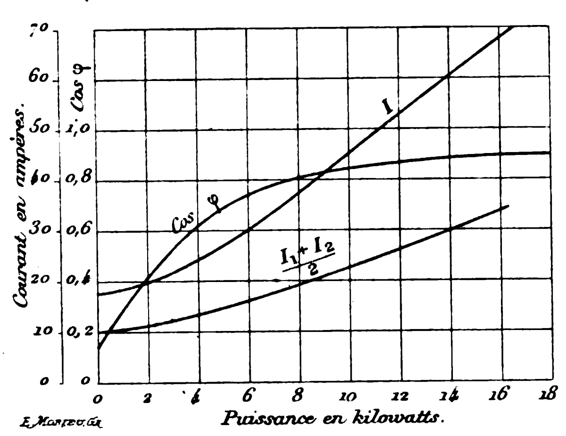


Fig. 14. — Génératrice à champ double Nd7 chargée sur un moteur synchrone. — Couplage en parallèle.

I, courant total par phase sous 150 v. — I_1, courant du stator. I_2, courant du rotor.

la puissance fournie en kw; le facteur de puissance est déduit par le calcul.

Les courants I_1 et I_2 étant pratiquement égaux entre eux entre la marche à vide et celle à pleine charge, on s'est contenté d'indiquer la moyenne $\frac{I_1+I_2}{2}$. Les courbes ont le caractère de celles relatives aux moteurs asynchrones.

La figure 15 donne les résultats pour le même générateur débitant sur résistances non inductives; l'excitation

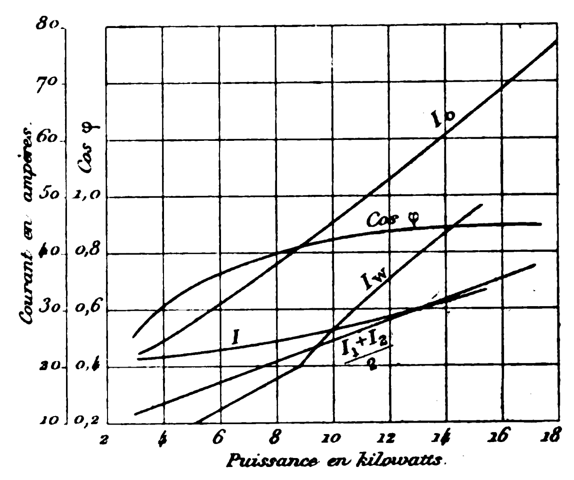


Fig. 15. — Génératrice à champ double Nd7, charge non inductive, excitation par moteur synchrone. — Couplage en parallèle.

I_0, courant total par phase sous 150 v. — I_1, courant du stator. — I_2, courant du rotor. — I_w, courant de charge watté par phase. — I, courant par phase du moteur synchrone.

était empruntée encore au même moteur synchrone. Les mesures portaient sur les courants I_0, I_1, I_2, celui I_w de charge des résistances non inductives et celui d'excitation I fourni par le moteur synchrone; la puissance totale fournie était mesurée au wattmètre et le facteur de puissance était calculé.

Il reste à voir maintenant comment la machine se comporte eu égard au couplage en parallèle :

1° La génératrice à champ double se couple en parallèle sans aucune difficulté, car si elle n'est pas en phase exacte avec les autres machines, la self qu'elle présente est très considérable; le rotor arrive rapidement à la position correcte du champ inducteur, ainsi que l'ont

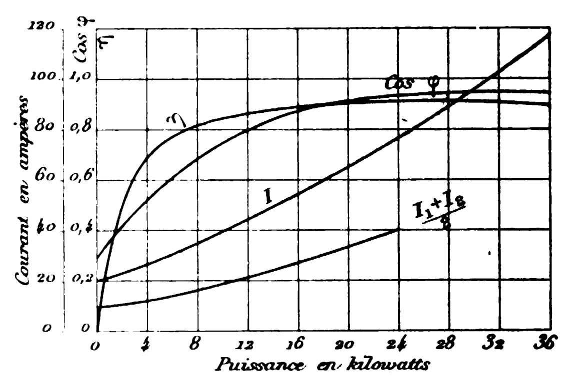


Fig. 16. — Génératrice à champ double Nd9, 31,8 kv-A, 190 v, 1800 t : m, 45 périodes par seconde. — Chargée sur moteur synchrone. — Couplage en parallèle.

I, courant total par phase sous 190 v. — I_1, courant du stator. — I_2, courant du rotor. — η, rendement. (η a la même échelle que cos φ.)

montré de nombreuses expériences. En fait, on n'a jamais eu besoin de lampes ou d'indicateurs de synchronisme pour effectuer le couplage avec d'autres machines même absolument différentes, et il a suffi de comparer grossièrement les vitesses des machines à coupler à l'aide des tachymètres ordinaires : la concordance étant approximative, on couplait la machine à introduire en service après un simple ajustage de la tension;

2° En ce qui concerne le régime dans la marche en parallèle, la machine se comporte exactement comme les génératrices asynchrones ordinaires. Tout accroissement de charge se manifeste par une tendance à l'accélération de la machine motrice et inversement; si la machine motrice tourne trop lentement, la génératrice fonctionne en réceptrice [1] et fournit de l'énergie mécanique.

Les conditions expérimentales de fonctionnement en parallèle de deux génératrices à champ double sur un réseau commun sont indiquées par la figure 17.

L'une des deux génératrices à champ double était la machine N*d*7 déjà décrite; l'autre, du type N*d*9, du même

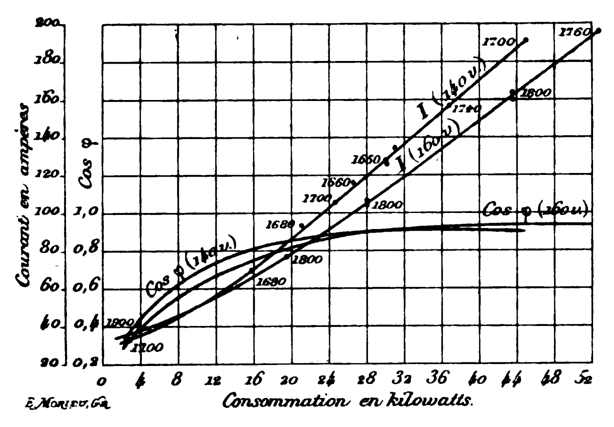


Fig. 17. — Génératrices à champ double N*d*7 et N*d*9 travaillant en parallèle sur un moteur synchrone.

N*d*7, 140 v, 1700 t : m, 42,5 périodes par seconde. — N*d*9, 160 v, 1800 t : m, 45 périodes par seconde.

constructeur pouvait fournir une puissance de 32 kv-a sous 190 v, à 1800 t : m, avec une fréquence de 45 périodes par seconde. Les caractéristiques de cette dernière machine sont données par la figure 16 pour une marche combinée avec un moteur synchrone alternopolaire; les enroulements générateurs étaient couplés en parallèle.

On a déterminé pour cette machine le rendement total mécanique-électrique; on voit, d'après la figure, que le rendement et le facteur de puissance sont élevés.

Durant le fonctionnement en parallèle des deux machines, on faisait varier tantôt la vitesse d'une des machines motrices, tantôt celle de l'autre, ou tantôt la charge commune des deux machines. Les vitesses observées sont indiquées à côté des valeurs des courants principaux.

[1] Un moteur de ce genre a été breveté le 20 mai 1897 en Allemagne par M. Kloss sous la rubrique « Mode de couplage pour moteur à champ tournant pour l'obtention de deux vitesses ». En outre un couplage analogue a été indiqué par M. Grob dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1901, n° 10.

Pendant toutes les mesures, les deux machines travaillaient toujours en génératrices sur le réseau.

Un nombre quelconque de machines à champ double fonctionnerait de même. Dans tous les cas, quel que soit le nombre des machines et la disposition adoptée pour leur excitation, il faut pouvoir disposer d'une source de courant capable de fournir les courants déwattés du réseau et ceux des différentes génératrices à champ double.

Cette source indépendante peut être constituée :

1° Par une génératrice synchrone (marchant en parallèle avec les machines considérées et excitée par du courant continu) qui, reliée mécaniquement ou électriquement avec les génératrices à champ double, participe à la fourniture du courant au réseau ou ne fournit que l'énergie nécessaire à l'excitation; en ce dernier cas, la machine en question joue le simple rôle d'excitatrice;

2° Par un moteur synchrone excité par du courant continu; ce moteur doit, par un procédé quelconque, être amené préalablement au synchronisme, puis abandonné à lui-même en parallèle avec les génératrices à champ double;

3° Par la combinaison de génératrices ou de réceptrices synchrones jouant l'un des rôles indiqués précédemment, ou encore par des génératrices asynchrones compoundées ou compensées.

Le nombre et les dimensions de ces sources auxiliaires de courant dépendent naturellement de l'importance des courants déwattés à fournir.

On peut, comme pour les génératrices ordinaires, munir chacune des génératrices à champ double d'une excitatrice synchrone (génératrice ou réceptrice), ou demander l'excitation de l'ensemble des machines à champ double à une excitatrice unique alimentant en parallèle tous les circuits d'excitation.

Conclusions. — En dehors des propriétés qui ont été mises en évidence au cours de la précédente analyse, il convient d'insister encore sur les caractéristiques suivantes de la génératrice à double champ :

1° L'excitation est réalisée par des courants polyphasés de même fréquence que ceux que doit produire la machine;

2° La vitesse angulaire du rotor, pour un nombre de pôles donné, est synchronique, mais double de celle du champ;

3° Pour une fréquence désirée, le nombre de pôles de la machine doit être double de celui d'une machine ordinaire.

Ces trois conditions sont évidemment faciles à remplir.

En effet, au regard du premier point, les courants polyphasés nécessaires peuvent être, comme on l'a vu plus haut, engendrés par des machines polyphasées autoexcitées ou excitées séparément par un courant continu, ou encore par des convertisseurs de courant continu en courant alternatif, ou encore par introduction de courant continu dans l'enroulement spécial à l'excitation ou dans

les enroulements générateurs principaux. Cette dernière combinaison, particulièrement avantageuse à réaliser avec le rotor, peut être alors obtenue avec un enroulement fermé qui fournirait, en des nœuds convenablement choisis à la manière ordinaire, des courants polyphasés, et recevrait, d'autre part, du courant continu par l'intermédiaire d'un collecteur. Pour que le courant continu de ce dernier, tout comme pour l'enroulement spécial d'excitation, se transforme en courant alternatif à la fréquence nécessaire, les extrémités des bobines aboutissant au collecteur doivent se présenter aux balais deux fois plus vite que les bobines elles-mêmes ; par suite, les points de potentiel maximum, positifs et négatifs, du collecteur, doivent toujours être alors en nombre moitié de celui des pôles de la génératrice. Comme les points de potentiel maximum sont toujours en nombre pair, la génératrice à champ double établie suivant cette dernière combinaison, doit avoir un nombre de pôles divisible par 4.

Les conditions 2 et 3 montrent qu'il y a intérêt à adopter la plus grande vitesse angulaire possible. Ainsi, une génératrice ordinaire à 50 périodes par seconde à 3000 t : m n'est réalisable qu'avec 2 pôles, ce qui est souvent d'une construction très difficile et quelquefois désavantageux au point de vue de la puissance massique, tandis que la génératrice à champ double peut être établie, dans les mêmes conditions, avec 4 pôles.

De même la fréquence 50 est inapplicable à une machine ordinaire à 6000 t : m, tandis qu'elle peut être obtenue avec l'une des machines nouvelles avec 2 pôles.

D'ailleurs, le tableau ci-après indique les nombres de pôles applicables aux machines à champ double pour 50 et 25 périodes par seconde pour différentes valeurs de la vitesse angulaire.

50 périodes par seconde.		25 périodes par seconde.	
Vitesse angulaire en t : m.	Nombre de pôles.	Vitesse angulaire en t : m.	Nombre de pôles.
6000	2	3000	2
3000	4	1500	4
2000	6	1000	6
1500	8	750	8
1200	10	600	10
1000	12	500	12
860	14	etc.	etc.
750	16		
666	18		
600	20		
550	22		
500	24		
etc.	etc.		

On voit par ce tableau qu'on a encore la ressource, pour une fréquence donnée, de pouvoir choisir des vitesses angulaires qui ne pourraient être utilisées avec des machines ordinaires; l'échelle des vitesses intéressantes pour la pratique est ainsi beaucoup plus étendue.

La machine nouvelle répondra donc, dans des conditions déterminées, à certaines nécessités, et viendra combler la lacune qui subsistait, en bien des cas, avec les génératrices usuelles eu égard au nombre de pôles et à la fréquence.

Enfin, il est de toute évidence que la machine à champ double est particulièrement appropriée aux grandes vitesses angulaires qu'on rencontre aujourd'hui couramment avec les turbines à vapeur et permet des combinaisons de vitesse et de fréquence qui, comme nous venons de le dire, ne seraient pas réalisables avec les machines usuelles.

Traduit et annoté par E.-J. Brunswick.

Nous ferons encore une remarque qui n'a pas été soulevée à notre connaissance lors de la présentation du mémoire de M. Ziehl : c'est l'importance des machines synchrones ou appareils analogues à installer dans une station centrale équipée avec des génératrices à double champ.

Supposons, en effet, que le facteur de puissance de l'ensemble de l'installation soit égal à 0,85, ce qui est une valeur déjà élevée.

La *puissance totale apparente* de l'installation devant être *P*, la puissance nominale des génératrices à double champ devra être sensiblement égale à 0,85 *P* et la puissance des machines synchrones ou remplissant le même but pour fournir l'ensemble des courants déwattés devra être supérieure à 0,52 *P*.

Ainsi pour 5000 kw, par exemple, de machines à champ double il faudra un matériel synchrone d'environ ou plus de 3000 kilovolts-ampères.

S'il est vrai que ce matériel synchrone pourra être constitué par des dynamos à grande vitesse tournant à vide et n'exigeant pas de machines motrices, il n'en serait pas moins important dans l'établissement d'une station de ce genre, de tenir compte de ce nouvel élément de première installation et de la valeur dont serait affecté le rendement global.

La solution avec excitation par condensateurs qu'avait préconisée en 1894 M. Boucherot serait évidemment idéale si le condensateur pouvait devenir, sous une forme ou sous une autre, un appareil réellement industriel. Il y aura peut-être quelque jour occasion de revenir avec fruit sur ce sujet. E.-J. Brunswick.

L'ALLUMAGE ÉLECTRIQUE DES MINES

L'allumage électrique des explosifs pour mines et son application datent pour ainsi dire de la connaissance des qualités du courant électrique. Il présente en effet de tels avantages sur tous les autres systèmes, qu'il en a pris le lieu et place, surtout lorsqu'il s'agit de l'explosion de masses considérables, en permettant l'allumage simultané de plusieurs charges à la fois. L'effet est par suite plus considérable, les frais réduits, ainsi que le temps. Du reste l'allumage d'une mine sous l'eau n'est possible qu'électriquement.

A ces avantages vient encore s'ajouter celui de pouvoir produire l'explosion à toute distance et à l'abri de tout danger.

Il existe, comme chacun le sait, deux sortes d'allumage électrique pour les mines, l'un par l'étincelle et l'autre par l'incandescence. Dans le système à étincelle, on relie la matière explosible avec les deux pôles des fils d'où l'étincelle jaillit et produit l'explosion; avec l'autre système, la matière explosible est munie d'un fil présentant une très grande résistance qui, lorsqu'il est traversé par le courant, est porté à l'incandescence et provoque également l'explosion.

Si le système à étincelle n'avait pas d'inconvénients, il n'y aurait pas lieu d'en chercher et d'en utiliser un autre.

Le circuit conduisant à l'amorce doit nécessairement être interrompu à l'endroit où doit se produire l'explosion; cette interruption a pour conséquence qu'on ne peut se rendre un compte exact et d'une manière simple, comment se comportent les fils conducteurs. Leur isolation est de même d'une grande importance à cause de l'utilisation des courants à haute tension.

Un autre inconvénient du système à étincelle, inhérent aux appareils utilisés à cet effet, est que ces derniers sont le plus souvent des machines électriques à haute tension, qui sont extrêmement sensibles aux variations de l'humidité atmosphérique, ou des bobines de Ruhmkorff, qui demandent également des circuits excessivement bien isolés.

Tous ces défauts sont supprimés par l'emploi de l'allumage par incandescence.

Le circuit conduisant aux amorces étant ininterrompu, on peut en tout temps, même avant de faire partir le coup, vérifier la bonne continuité des conducteurs en les faisant traverser par un courant assez faible pour que ne produise pas l'incandescence et surtout pas l'explosion.

La question de l'isolation est simplifiée par l'emploi d'un courant de basse tension; les amorces à incandescence sont du reste aussi faciles à exécuter que celles à étincelle.

D'après ce qui précède, on pourrait se demander pourquoi l'allumage par incandescence avec tous ses avantages n'a pas réussi à se maintenir seul en présence.

A cela il y a deux motifs :

Premièrement, on croyait qu'il était nécessaire de coupler les allumeurs à incandescence en quantité. On se laissa conduire à cela par le raisonnement suivant que, si une ou plusieurs mines se trouvaient interrompues ou détériorées, le reste au moins ferait explosion.

On ne fit du reste que peu de cas de l'avantage principal de l'amorce à incandescence, qui permet la vérification de toutes les charges, et on dut fournir une intensité telle que, même avec un nombre restreint d'amorces et une longueur réduite des conducteurs, un homme n'arrivait pas à fournir l'énergie nécessaire correspondante à la production de ce courant.

On essaya aussi de coupler les amorces en tension, mais l'expérience démontra, qu'en se servant d'appareils électro-dynamiques (nous ne parlerons que de ceux-ci à cause de leur grande extension), leur effet est dans une grande mesure dépendant de la force et de l'adresse de celui qui actionne la manivelle de l'appareil.

L'effet électrique devant être produit à l'allumage est très considérable; il est nécessaire, même avec des appareils bien construits, d'avoir une certaine habitude de leur maniement, afin d'éviter les ratés. A ces conditions vient encore s'ajouter l'émotion qui se produit même sur un personnel expérimenté au moment de l'explosion, et cette émotion est d'autant plus prononcée que l'explosion est étendue et importante.

C'est grâce à cet état d'esprit que la proportion des coups ratés dépassa ce qui était primitivement prévu.

En vue de parer à ces inconvénients, la maison Siemens et Halske s'est imposée la construction d'un appareil exploseur à incandescence basé sur ce que le fonctionnement de la machine dynamo-électrique génératrice est indépendant de la force ou de l'adresse de celui qui la manie; il en résulte que l'effet de l'appareil est le même une fois pour toutes.

Ce résultat a été obtenu en accumulant dans un ressort la quantité d'énergie nécessaire à la production du courant, c'est-à-dire en armant ce ressort avant l'opération, et au moment voulu, par simple pression sur un bouton, l'appareil est soumis à un mouvement de rotation produisant avec le courant l'explosion désirée.

Il y a également la possibilité d'adopter une disposition au moyen de laquelle à l'instant où la dynamo (dérivation) a son excitation maxima, le circuit puisse être fermé sur les amorces, de façon que l'appareil soit absolument indépendant de l'émotion qui peut s'emparer du personnel au moment précis de l'explosion.

Le principe de la construction de cet appareil est visible sur le schéma de la figure 1 où quelques parties ont été dessinées d'une autre manière qu'elles ne sont en réalité, afin d'en faciliter la compréhension.

Sur l'arbre A (fig. 1), est calé un énergique ressort *a*,

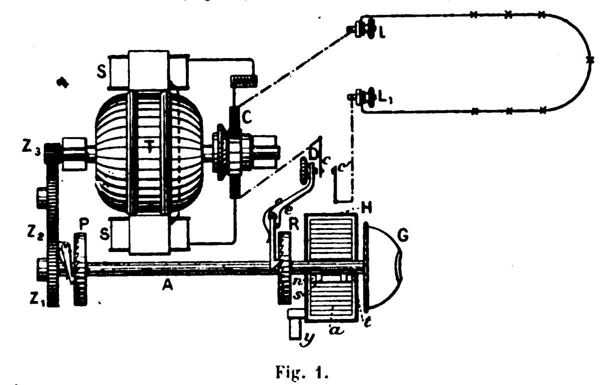


Fig. 1.

avec son enveloppe, lequel est remonté par la poignée G, jusqu'à ce que la main ressente un arrêt.

Au moyen d'un cliquet auquel le bouton D est fixé par le levier *e*, la roue R est tenue en arrêt et le ressort remonté.

Sitôt que l'explosion doit être produite, on presse sur

le bouton D, qui délivre la roue R, et met alors en mouvement l'induit T de la dynamo à l'aide des roues d'engrenages Z_1, Z_2, Z_3 qui, en multipliant la vitesse angulaire de l'armature, provoquent l'amorçage de la dynamo.

On voit en effet que le courant venant du collecteur C de la machine traverse le circuit inducteur S en dérivation, et l'excite jusqu'au maximum.

Grâce à l'engrenage à multiplication très grande et à l'inertie très minime de l'induit, l'excitation atteint le maximum presque immédiatement après la détente de la roue R. En pressant sur le bouton D l'arrêt est donc supprimé, les contacts *c* et *c'* se rapprochent l'un de l'autre et la ligne extérieure L L_1 est mise en circuit.

Nous attirons spécialement l'attention sur le dispositif permettant la détente; celle-ci empêche automatiquement la détérioration de la roue d'arrêt dans le cas où une commande prématurée du bouton de commande aurait lieu.

Au levier de commande (fig. 2) sont fixés deux ressorts glissants *l*, qui sont maintenus à la surface supérieure de la roue dentée et appuient des deux côtés.

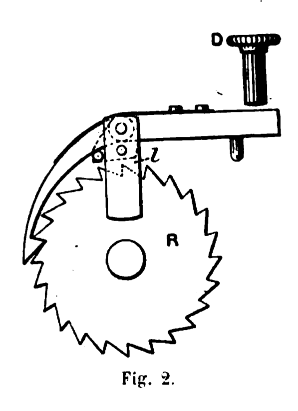


Fig. 2.

Si l'appareil est lancé au moyen du bouton, il tourne et se détend vers la gauche; les ressorts frottant contre la roue provoquent l'éloignement de son cliquet, de telle façon qu'un danger quelconque pour les dents de la roue est évité. Pendant le remontage, le cliquet est de nouveau et automatiquement appliqué sur les dents de la roue.

Le barillet situé sur l'arbre A se compose de la boîte H, du ressort *a*, et de la noix *n*, pouvant tourner dans la boîte H.

La noix est folle sur l'arbre de commande; toutefois elle doit pouvoir suivre la rotation de ce dernier; pour cela elle possède, fixées à son alésage, deux tiges *s* qui appuient sur un plat *f* de l'arbre A.

Si l'on tourne la poignée G à droite, la noix tournera également avec l'arbre A dans la boîte. Le ressort est tendu, parce qu'une des extrémités est fixée à la noix mobile, et l'autre à un taquet *x* entre deux pointes *y* de la boite fixe H.

Comme la noix est folle sur l'arbre de commande et peut glisser sur celui-ci, un changement pour une cause quelconque de la boîte du barillet peut être fait très commodément.

L'arbre du barillet de l'appareil qui communique sa rotation à l'armature est accouplé avec la roue P seulement par un arrêt d'un seul côté. Cette disposition perme d'éviter une détente trop brusque de l'appareil, pouvan provenir de court-circuits dans la ligne allant à la mine, et les rend ainsi inoffensifs pour l'appareil, attendu que les masses dont est muni l'appareil, faisant volant, perdent leur puissance vive par une détente à vide et empêchent les à-coups de se faire sentir sur la boîte du ressort.

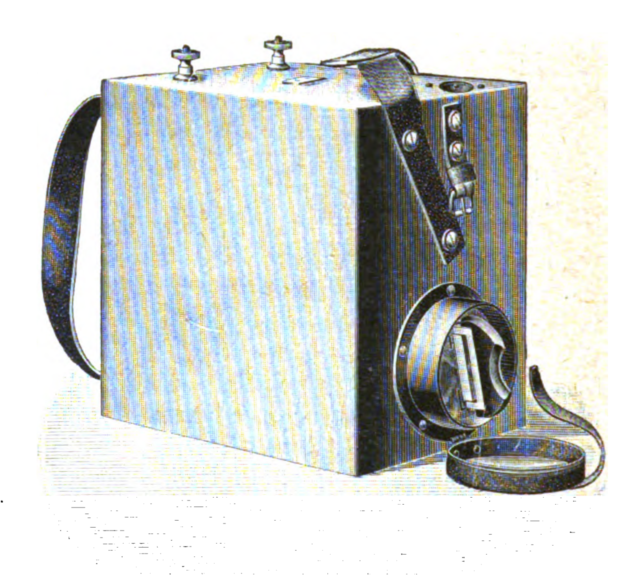
Grâce à ces précautions l'appareil peut être manœuvré par l'homme le moins habitué et avec la plus grande sûreté.

Les dimensions de l'appareil sont de 155 × 215 × 220 mm. Son poids atteint avec le barillet 9 à 10 kg (ce qui, comparé avec l'ancien détonateur Siemens qui pèse 26 kg, représente un important progrès).

L'appareil peut être porté suspendu à une courroie d'une façon très commode; il n'est pas nécessaire non plus, lorsque l'on veut s'en servir, de le fixer sur une base solide, mais il peut au contraire fonctionner tranquillement suspendu à sa courroie. Cette qualité est appréciable par le mauvais temps, un terrain mouillé et sale.

La figure 3 montre la vue extérieure de l'appareil.

Pour faire fonctionner l'appareil, il n'est pas nécessaire de l'ouvrir entièrement, mais seulement de rabattre une


Fig. 3.

planchette fixée aux parois latérales, et permettant l'accès au bouton et à la poignée. Ainsi l'appareil n'est pas endommagé par la poussière ou par la pluie. Lorsqu'on veut avoir accès aux organes intérieurs de l'appareil, on n'a qu'à ouvrir une serrure et on peut alors retirer l'appareil entier qui est fixé à la paroi de devant de la boîte.

Quant à l'effet produit par cet appareil, il correspond au moment de l'allumage à une puissance d'environ 100 watts; il est possible de faire détonner 60 à 80 amorces ordinaires à la fois et avec une ligne de 1200 m de longueur (600 m aller et 600 m retour).

Les cartouches possèdent un fil de platine de 0,04 mm de diamètre et de 5 mm de longueur.

Dans beaucoup de cas, par exemple dans les mines, il n'est pas nécessaire de produire un effet aussi puissant que celui cité plus haut. Il serait alors dispendieux de se

servir d'un tel appareil, vu qu'on peut arriver au résultat désiré avec de plus petits.

La figure 4 représente une petite machine magnéto-électrique avec induit en double T de Siemens; on construit ces appareils pour l'allumage d'une amorce au cas d'une ligne d'un ohm de résistance, et pour 5 et 10 amorces

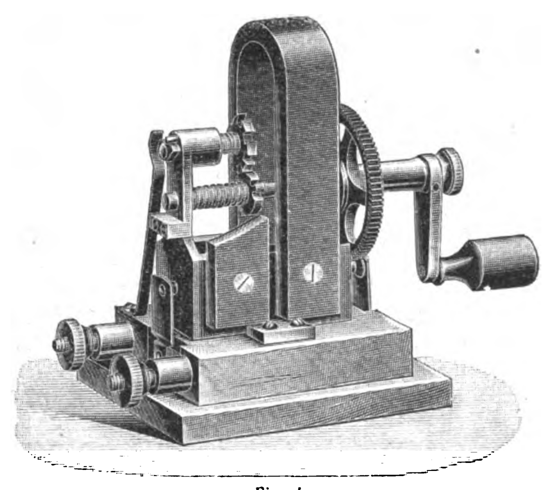


Fig. 4.

lorsque la résistance de la ligne est de deux ohms. Il faut munir ces appareils de commutateurs ne mettant la ligne en circuit qu'au moment où l'induit a atteint sa vitesse normale, attendu que, quand le courant croît d'une façon lente mais progressive, les cartouches les plus sensibles partent les premières, interrompant la ligne et laissant d'autres amorces ratées.

La commutation a lieu pour ces appareils au moment où la manivelle fait son cinquième tour, cela automatiquement et indépendamment de la position de la manivelle au commencement du mouvement de rotation.

Les choses se passent de la manière suivante :

L'arbre de la manivelle est mobile dans le sens de sa longueur et fait un petit mouvement au commencement de la rotation dans une rainure hélicoïdale de l'arbre creux de la roue dentée; par ce mouvement la roue à une dent placée sur l'arbre vient attaquer une croix de Malte placée en dessus. Celle-ci au bout de cinq tours vient presser un ressort contre un taquet de contact, le circuit est fermé et les amorces sautent; si on abandonne à ce moment la manivelle, l'arbre tournera en arrière délivrant la croix de Malte qui revient au moyen d'un ressort à boudin dans sa position primitive.

De cette façon le fonctionnement est d'une extrême simplicité et les explosions se produisent avec une grande sûreté.

Dans ce qui précède nous avons déjà insisté sur l'avantage principal que présente l'allumage à incandescence, avantage qui consiste en ce que la ligne peut être examinée immédiatement avant de faire partir le coup. La maison Siemens et Halske a construit dans ce but un essayeur de ligne très pratique, qui se compose d'un petit élément sec, facile à renouveler, et d'un galvanoscope d'une résistance élevée. Lorsque l'essayeur, placé dans un étui en cuir, se trouve intercalé dans la ligne, le courant faible de l'élément traverse toute la ligne et les amorces pour retourner au galvanoscope. La déviation de l'aiguille du galvanoscope indique alors que la ligne est en parfait état et l'explosion est garantie de ce fait. A. S.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Le danger des lampes à incandescence en présence des poussières de charbon. — M. Hall, inspecteur des usines, a récemment procédé à des expériences sur l'introduction d'une lampe à incandescence au milieu d'un amas de poussière de charbon. Dans un essai, après avoir maintenu la lampe pendant une heure et demie dans la poussière de charbon, la température s'est élevée à 700° Fahrenheit et de la fumée se produisit. Au bout d'une heure de plus, la poussière fut portée au rouge et se colla; on éteignit alors la lampe et, pendant plus d'une demi-heure après, des gaz et de la fumée s'échappèrent. Dans les conditions atmosphériques ordinaires, une lampe à incandescence ne deviendra jamais très chaude, parce qu'elle peut rayonner librement sa chaleur, en sorte que la température n'atteindra que rarement une valeur dangereuse.

Mais la poussière de charbon est un corps mauvais conducteur de la chaleur, et lorsque la lampe ne peut plus rayonner librement, il peut arriver que la température atteigne une élévation dangereuse. Il est curieux de remarquer que, dans un cas où la lampe s'était éteinte et où le courant fut interrompu, la température s'éleva à plus de 95° C dans la demi-heure suivante, ce qui montre qu'une fois que la poussière est échauffée, la température continue de s'élever. Il est évident que des incendies peuvent se déclarer avec des lampes à incandescence, placées sur un tas de poussière. Il ne faut pas oublier non plus qu'un des constituants du gaz de charbon, le méthane, s'enflamme à 650° C.

C'est évidemment une température beaucoup plus élevée que puisse atteindre aucune lampe, quand elle n'est pas enfermée, et une solution simple pour l'emploi ordinaire dans les mines consiste dans l'emploi d'un grillage tel que celui dont sont munies les lampes autour des chaudières. Une telle cage écarterait la lampe du contact immédiat avec toute substance voisine et diminuerait énormément les risques d'incendie. Il faut se souvenir que, si petite que soit la source thermique, la chaleur peut s'accumuler lorsque l'entourage est mauvais conducteur, et avec un mauvais conducteur parfait, il n'y a d'autre limite de température atteinte que la température du filament lui-même.

Il n'y a aucun danger réel provenant d'une lampe librement suspendue, mais il faut se méfier des dangers que

présente la lampe partiellement ou complètement enfermée.

Une nouvelle fabrique de lampes à incandescence. — Depuis le commencement de l'année courante, on a installé une nouvelle fabrique de lampes à Willesden, qui promet de prendre une importance considérable. La direction technique est entre les mains de M. Pope, qui était autrefois un assistant de Sir Joseph Swan. Il est aussi un des fondateurs de la maison Goossens, Pope et Cie, de Venloo, Hollande. Lorsque cette maison-là fut entrée dans le Syndicat international, M. Pope se décida à commencer la fabrication de lampes dans ce pays, et le nom de cette maison est *Popes Electric Lamp C°*.

Les procédés mis en œuvre à Willesden comprennent toutes les opérations essentielles de la confection des lampes, à l'exception des ampoules qui sont toujours achetées, en Angleterre, à des manufacturiers continentaux, ainsi du reste que des filaments en cellulose carbonisée, qui sont aussi fabriqués sur le continent. Mais on a l'intention bientôt de fabriquer ces derniers aussi à Willesden. La Compagnie s'est servie des méthodes modernes de fabrication automatique du verre, qui ont tant simplifié les opérations du montage et du scellement des filaments, et elle a introduit plusieurs perfectionnements dans les procédés de maintenir et de nourrir le filament. On obtient un vide très élevé dans les ampoules par un procédé spécial; on ne donne aucune confiance aux pompes mécaniques, et l'épuisement final est accompli avec l'aide des pompes à mercure. On se sert de vitrite et d'un plâtre spécial; on s'arrange pour que les fils de connexion dans l'intérieur du culot ne puissent pas toucher au plâtre. La lampe finie a une apparence élégante et dénote un fini de construction remarquable. De récentes expériences montrent que dans le cas d'une lampe de 16 bougies 200 v, la consommation d'énergie commence à 3,5 w par bougie, et n'excède pas 4 w en moyenne sur une durée de 800 heures, ce qui est très satisfaisant.

Les matériaux incombustibles pour chemins de fer électriques. — Au cours d'une réunion de la Société contre l'incendie, M. Marshall Fox, président, a dit que l'on demandait très fréquemment du bois ignifugé pour les chemins de fer électriques. Dans l'accident terrible qui est arrivé à Paris il y a deux ans, on a vu le danger du bois inflammable.

M. Yerkes, qui venait d'achever l'électrification du chemin de fer souterrain, fut le premier à s'entourer de précautions scientifiques en vue d'assurer la protection du matériel en bois des trains contre l'incendie. Il faisait traiter tous les nouveaux wagons de l'Underground de cette manière — près de 420 wagons — et cette Société espérait bien persuader aux autres compagnies de chemins de fer de traiter ainsi chimiquement leur matériel roulant en bois pour sauvegarder les voyageurs.

Un appareil pour charger les accumulateurs d'automobiles. — La Société anonyme *Rhodes Electrical Manufacturing C°* est en train d'étudier un petit transformateur rotatif, convenable pour charger les accumulateurs d'automobiles. Il consiste en une machine à double enroulement induit étudiée pour donner 110 ou 250 volts sur un collecteur, et 4 à 25 volts sur un autre, cette dernière tension étant réglée simplement par le déplacement des balais. Lorsqu'on possède une distribution d'énergie, l'appareil est employé comme transformateur rotatif pour fonctionner à basse tension et pour charger les éléments d'allumage; dans ce cas, il n'a besoin d'aucune fondation, on peut le mettre dans un coin ou sous un banc, ou le suspendre même au plafond. Lorsque l'énergie électrique n'est pas distribuée, la machine est reliée par une courroie à une transmission, et lorsqu'elle est actionnée de cette manière, elle fournit de la haute tension pour les lampes, aussi bien que de la basse tension pour charger les accumulateurs.

Lorsque l'énergie électrique est distribuée, on peut l'employer pour actionner une petite machine-outil, l'appareil n'absorbe pas plus de 370 watts. En même temps, on peut l'employer pour charger. On peut charger jusqu'à 12 éléments à la fois, ce qui fera trouver ce petit appareil très utile dans les garages d'automobiles.

La British Association dans l'Afrique du Sud. — Un des problèmes qui fut le plus discuté, fut celui d'utiliser la chute d'eau des Victoria Falls. M. Robert Hammond et le professeur Ayrton ont lu des thèses sur ce sujet.

Le professeur Ayrton, après des essais très intéressants et très étudiés concernant la distribution d'énergie électrique, a dit que le développement des entreprises américaines et le succès commercial extraordinaire que la distribution d'énergie électrique avait obtenu des deux côtés de l'Atlantique, avaient soulevé la question suivante : Une révolution industrielle est-elle possible dans le sud de l'Afrique? Sa réponse fut « non », parce qu'il y avait quantité de mines de charbon partout, et il ajouta que, dans plusieurs cas, la qualité de ce charbon est presque aussi bonne que celui du pays de Galles. Il suivait l'expérience du pays de Galles et du Tyneside, où on emploie maintenant beaucoup d'énergie électrique En comparant les chutes du Niagara et les chutes de Victoria, il a dit que l'énergie hydraulique au Niagara était 5 fois plus considérable qu'à Victoria.

Un endroit convenable pour une station d'énergie électrique se trouvait au bout de la deuxième gorge, mais il persuada ses auditeurs de conserver la beauté de ces chutes. Il conseilla la transmission électrique de la force motrice produite par la vapeur, pensant qu'il n'était pas avantageux de commencer la construction d'une ligne de transmission des chutes Victoria jusqu'à Johannesburg, non pas parce que cela était impossible à faire, mais parce qu'il n'y avait pas encore assez de demandes pour l'énergie le long de la route.

M. Hammond a dit qu'il n'y avait pas de difficultés professionnelles pour fournir l'énergie électrique à toutes

les usines du Rand au moyen d'une station centrale utilisant les chutes de Victoria, mais le coût annuel dépasserait sûrement celui d'une usine marchant avec du charbon. Entre autres détails, il a fourni un projet plus économique pour distribuer l'énergie en brûlant le charbon plus près du Rand. Il estime qu'on pourrait ainsi fournir l'énergie électrique à 7 centimes par kw-h, ce qui serait beaucoup plus économique que l'emploi de machines à vapeur, comme c'est le cas actuel. C. D.

CONGRÈS INTERNATIONAL

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DE LA MÉCANIQUE ET DE LA GÉOLOGIE APPLIQUÉES

(Liège, 25 *juin*-1er *juillet* 1905.)

(*Suite et fin*[1].)

SECTION DE MÉTALLURGIE

L'électricité appliquée aux trains de laminoirs, par L. Creplet, Ingénieur à la Compagnie internationale d'électricité, Liège.

L'effort qu'il faut développer pour laminer dépend d'une foule d'éléments. Si nous envisageons uniquement la température du métal, les extrémités d'une barre étant plus froides que le corps même, il s'en suit que la résistance opposée par le lingot sera plus grande au moment de l'introduction qu'aux autres instants du laminage.

Au cours d'un passage, la puissance nécessaire affectera l'allure OABCD (fig. 1).

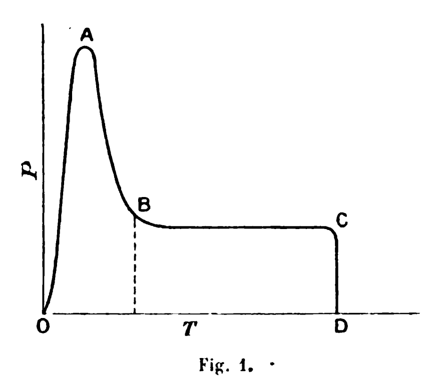


Fig. 1.

La période BC de marche à puissance constante est d'autant plus importante que la barre est plus longue.

En dehors du travail de laminage proprement dit, il convient de tenir compte de l'influence de la masse du lingot.

Lorsqu'une barre est présentée entre deux cylindres (fig. 2) aussitôt que ces derniers mordent le métal, ils l'entraînent dans leur mouvement. La vitesse du lingot croît brusquement de manière qu'au bout du temps t (fig. 3) elle acquiert la valeur B correspondant aux cylindres. Cette vitesse v est maintenue durant le temps t_2, au bout duquel la passe est terminée.

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 330, du 25 septembre 1905, p. 426.

Pour animer le lingot de la vitesse nécessaire, il faut

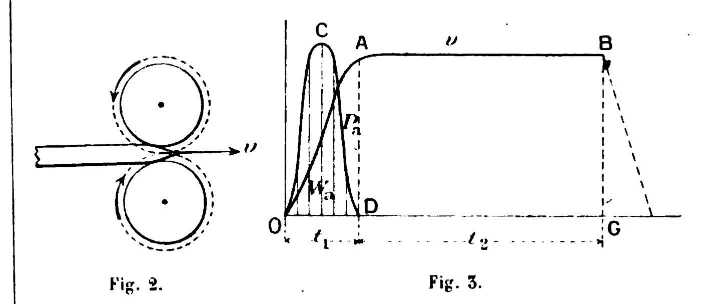


Fig. 2. Fig. 3.

vaincre sa réaction d'inertie. Cette dernière est représentée par le produit de la masse par l'accélération.

$$F = Ma.$$

La puissance P correspondante vaut :

$$P = Fv = Mav.$$

Au début la vitesse est nulle; à la fin du démarrage, c'est l'accélération qui le devient. Il s'ensuit que la puissance affecte l'allure OCD (fig. 3); quant au travail nécessité par la mise en vitesse du lingot, il vaudra la demi-variation d'énergie cinétique :

$$W = \frac{1}{2} M \cdot v^2,$$

Ce travail est donné par l'aire interceptée entre la ligne OCD et l'axe des temps.

En superposant les deux diagrammes (fig. 1 et 3), on arrive au diagramme résultant (fig. 4). On remarquera que le travail

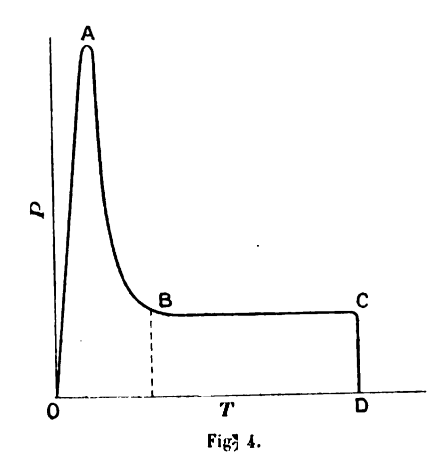


Fig. 4.

d'accélération a pour effet d'augmenter la puissance maximum à développer.

Lorsque le laminoir tourne à vide, il nécessite, pour maintenir sa vitesse, une certaine puissance P_1 (fig. 5) absorbée par les résistances passives.

En majorant de cette valeur les ordonnées du diagramme (fig. 4) on arrive (fig. 5) à représenter la puissance qu'il faut fournir aux cylindres du train.

Comme on devait s'y attendre, cette puissance est essentiellement variable. L'organe moteur qui doit actionner les cylindres devra donc développer, à certains instants, une puissance de beaucoup supérieure à la moyenne.

Pour éviter de donner de trop grandes dimensions au moteur et pour réduire, à la source du courant, l'importance des à-coups toujours préjudiciables, on a cherché à uniformiser le travail à fournir. La perfection dans cette voie serait

atteinte si la puissance demandée à la station centrale était maintenue égale à la valeur moyenne P_{moy}.

Afin de résoudre le problème, il faudrait, par un dispositif approprié, déplacer le travail correspondant à la surface ABC (fig. 5) pour le reporter en CDE. Dans ce but, on a recours à

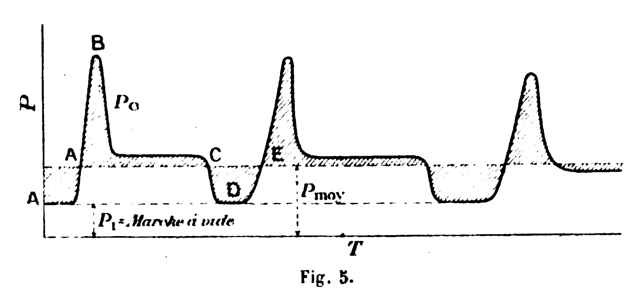


Fig. 5.

un volant intercalé entre le moteur et le laminoir. En lui permettant de ralentir, il viendra en aide au moteur aux moments où la puissance exigée dépasse la moyenne; au contraire il accélèrera aux instants où elle lui est inférieure. Il résulte de ce régime de fonctionnement que la vitesse du volant sera affectée de variations périodiques (fig. 7).

Si M représente la masse du volant;

v_1, sa vitesse maximum;

v_2, sa vitesse minimum;

W, le travail représenté par l'aire ABC (fig. 5), on aura :

$$W = \frac{1}{2} M (v_1^2 - v_2^2)$$

$$W = \frac{1}{2} M (v_1 + v_2)(v_1 - v_2).$$

Si l'on admet que v_1 est peu différent de v_2 on pourra écrire :

$$W = Mv_1^2 \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{2} Mv_1^2\right) . 2 \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right).$$

L'expression $\left(\frac{1}{2} Mv_1^2\right)$ représente l'énergie cinétique totale du volant : c'est le travail qu'il développerait s'il pouvait s'arrêter. Le terme $\left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)$ est la chute de vitesse.

La formule montre que le travail du volant est égal au produit de son énergie totale par le double de la chute de vitesse.

Par exemple, si la vitesse varie de 5 pour 100, le volant restituera 10 pour 100 de son énergie totale.

Étant donné un travail W, l'importance qu'il faudra donner au volant dépend de l'écart de vitesse que l'on peut tolérer. Elle est en raison inverse du carré de la vitesse maximum.

Les volants en fonte avec bras en fer peuvent tourner à des vitesses tangentielles de 45 m par seconde. Depuis quelque temps, on emploie des volants en acier, coulés d'une pièce, qui peuvent supporter sans danger une vitesse double.

Toutes choses égales, d'ailleurs, l'emploi de l'acier permet de réduire au quart le poids des pièces en rotation.

Les considérations précédentes montrent que, pour arriver à uniformiser la puissance du moteur de laminoir, *il faut permettre à la vitesse de varier.*

Dans le cas d'une machine à vapeur, on sait que la vitesse varie proportionnellement avec la charge (fig. 6).

Si P_1 représente la puissance absorbée par la marche à vide du train, la vitesse v_1 correspondante est la plus grande que l'on puisse atteindre. Pour un travail W à exiger du volant, il faudra, par exemple, faire tomber la vitesse à la valeur v_2. Le diagramme indique qu'à cette vitesse le moteur développe une puissance P_2 supérieure à P_1. Nous en concluons qu'au

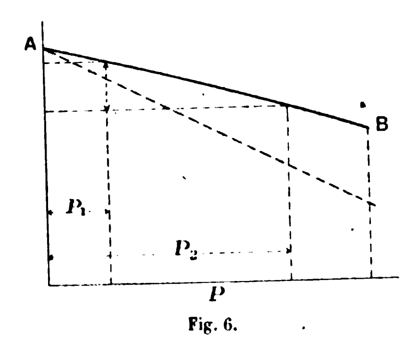


Fig. 6.

moment où la vitesse passe par un minimum, la puissance devient au contraire maximum. Il s'ensuit que la machine à vapeur ne permet pas d'uniformiser la demande de puissance (fig. 7).

Pour un même écart de vitesse $v_1 - v_2$, l'examen de la figure 6 montre que l'écart de puissance est d'autant moindre

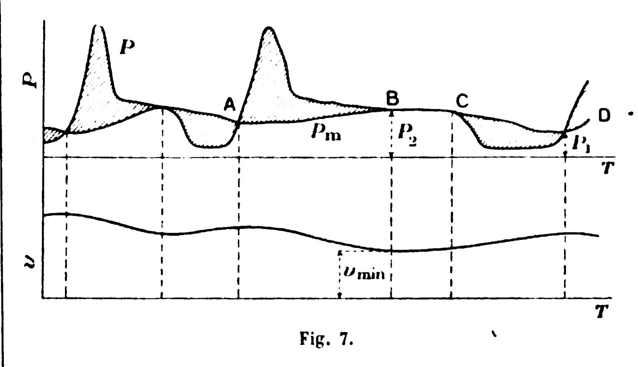


Fig. 7.

que la chute de vitesse entre la marche à vide et la pleine charge est plus considérable. C'est la raison pour laquelle les machines à vapeur destinées à commander des trains de laminoir sont munies de régulateurs permettant une variation de vitesse, atteignant jusque 50 pour 100.

Il arrive fréquemment que la machine d'un train développe à certains moments 100 poncelets, par exemple, puis immédiatement après une puissance décuple et cela malgré une importante chute de vitesse. De semblables variations de puissance peuvent être tolérées pour la machine à vapeur attendu que les chaudières constituent un accumulateur d'énergie de grande capacité. Il n'en est pas de même dans le cas de l'électricité.

Si l'on tient compte que le courant est produit par des stations centrales d'un prix d'installation élevé, on concevra qu'il y a intérêt à faire en sorte que le débit soit maintenu aussi constant que possible.

Lorsqu'on transforme un train de laminoir à vapeur pour l'actionner électriquement, il y a donc lieu d'augmenter l'influence régulatrice du volant. On y arrive, soit en renforçant le poids des masses tournantes, soit en y substituant l'acier à la fonte, soit en agissant sur l'écart de vitesse.

Les deux premières méthodes ressortissent du domaine de la mécanique. Nous nous arrêterons uniquement à la troisième, qui intéresse spécialement les électriciens. A cette fin, nous envisagerons les divers modes d'attaque.

Moteur triphasé. — Dans un semblable moteur, la vitesse dépend de la résistance insérée dans l'organe mobile. Pour une valeur déterminée de cette résistance, elle est représentée par une droite AB (fig. 6). La chute de vitesse est d'autant plus considérable que la résistance est plus grande. L'emploi

de cette dernière a pour effet de diminuer le rendement du moteur en ce sens que la perte est sensiblement proportionnelle à la chute de vitesse. Cette circonstance explique qu'en pratique on dépasse rarement 25 pour 100 d'écart entre la marche à vide du moteur et la pleine charge. En marche, l'écart est plus faible, car la charge minimum qu'absorbe le moteur est celle qui correspond à la marche à vide du train, laquelle est loin d'être négligeable.

Pour accroître l'écart de vitesse, certaines maisons agissent sur la fréquence des machines génératrices. Celles-ci sont munies de régulateurs permettant de grandes variations qui s'ajoutent à celles que produisent les résistances des moteurs.

Ce procédé a l'avantage de permettre aux volants de la station centrale d'exercer une action régulatrice plus importante que si l'écart de vitesse ne dépassait pas la valeur de 5 pour 100 normalement tolérée. Il a le grand inconvénient d'entraîner des variations dans la tension; de plus, les fluctuations qui affectent la fréquence nuisent à la régularité de marche dès autres récepteurs.

Dans cet ordre d'idées on peut citer l'installation exécutée par la Société *Allgemeine Electricitäts Gesellschaft* pour les établissements Demerbes, à Jemappes.

Moteur à courant continu. — Le courant continu permet de recourir à deux méthodes pour faire varier la vitesse. On sait que celle-ci est proportionnelle à la tension du courant d'alimentation et est en raison inverse de l'intensité du champ inducteur.

Pour faire tomber la vitesse, il suffirait de régler convenablement la tension aux bornes.

Si l'on remarque que la puissance débitée par un moteur est en raison directe de la tension, on constatera qu'avec ce procédé la puissance débitée par le moteur diminue en même temps que la vitesse. Or, c'est précisément aux instants où la vitesse est la plus faible que la puissance demandée doit être maximum (fig. 7). C'est pourquoi ce procédé n'est en général pas employé.

La seconde façon d'agir consiste à régler l'excitation de manière à la diminuer lorsque la vitesse doit augmenter et réciproquement.

Moteur série. — La façon dont varie la vitesse est représentée figure 8. Un tel moteur réalise un grand écart de vitesse. Malheureusement, il ne peut être employé, parce qu'aux faibles charges il emballe et pourrait entraîner la rupture du volant.

Moteur shunt (fig. 9). — Entre la marche à vide et la pleine charge, la chute de vitesse dépasse rarement 5 pour 100. On conçoit qu'un semblable moteur ne convienne pas du tout pour la commande de trains de laminoirs.

S'il était cependant possible de régler l'excitation au moyen

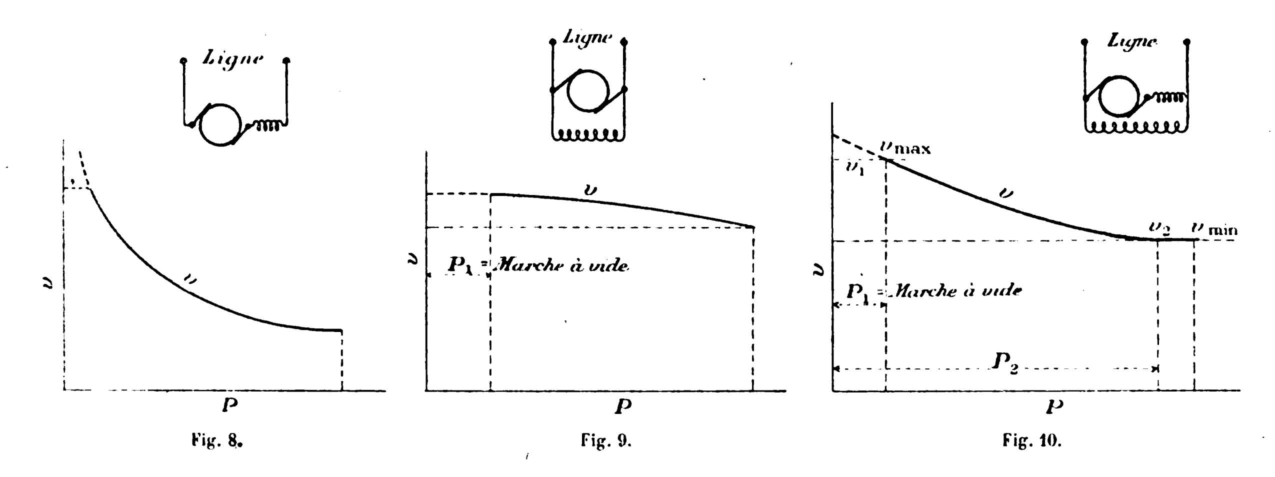


Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

d'un appareil automatique, la difficulté serait résolue. A notre connaissance un semblable dispositif n'a pas encore pu être réalisé, ce qui provient sans doute de ce que les variations de charge sont presque instantanées.

Moteur compound (fig. 10). — Si l'on munit un moteur d'une excitation shunt et d'une excitation série, on pourra obtenir pour la vitesse le diagramme représenté figure 10. Plus l'excitation série sera grande, plus la chute de vitesse sera importante.

En pratique, on atteint aisément 50 pour 100 d'écart entre la pleine charge et la marche à vide.

Nous croyons intéressant d'étudier comment se comporte un semblable moteur au cours du laminage.

La figure 10 montre qu'à partir d'une certaine puissance la vitesse tend à devenir constante. Si le travail absorbé est tel que la puissance au moteur se rapproche de la valeur P_2 (fig. 10), la vitesse deviendra constante et l'influence du volant sera nulle. Le cas se présente lorsque les barres acquièrent une grande longueur (fig. 7). Pendant la période A B, le travail soutiré au volant a été suffisant pour faire tomber la vitesse à sa valeur minimum. Durant le temps B C, le laminoir se meut à une vitesse constante et la puissance nécessaire est entièrement fournie par le moteur. Si dans cet intervalle, on engageait une nouvelle barre, il se produirait un afflux de courant que le volant ne pourrait pas atténuer. Pour l'éviter, il faut prendre la précaution, avant d'engager un lingot, d'attendre que la barre engagée soit sortie et que la vitesse du moteur se soit relevée. *On voit donc que la puissance qui doit servir de base au calcul du moteur doit être au moins égale à la puissance absorbée par le laminage des longues barres.*

Entre deux passages consécutifs, c'est-à-dire pendant la période C D (fig. 7), la puissance du moteur est utilisée à accélérer le volant dont la vitesse croît de la valeur v_2 à la valeur v_1. A ce dernier régime correspond une puissance P_1 s'écartant d'autant plus de P_2 que l'écart de vitesse est plus considérable (fig. 10).

Par le fait que le moteur débite une puissance allant en diminuant, il lui faudra, pour ramener le volant à sa vitesse maximum, plus de temps que si sa puissance ne décroissait pas.

Il serait avantageux pour ne pas entraver le travail, de pouvoir maintenir la puissance du moteur à sa valeur maximum entre deux passes successives. Dans cet ordre d'idées, on a imaginé des appareils automatiques chargés de supprimer partiellement l'excitation série lorsque la puissance tombe en dessous d'une certaine valeur, ce qui a pour effet de faire accélérer le moteur et de le remettre à vitesse en un temsp

plus court. Nous ne croyons pas jusqu'à présent que de semblables appareils soient en service.

Par le fait qu'ils comportent des contacts parcourus par des courants intenses, il est à craindre que leurs résistances passives soient assez considérables pour nuire à leur fonctionnement.

Moteur à excitation compound spéciale. — Dans un moteur compound, l'excitation série a pour effet de faire décroître la vitesse. Cette dernière tend vers une limite (fig. 11) en dessous de laquelle elle ne peut tomber. Cette vitesse minimum est atteinte lorsque le circuit magnétique est saturé. L'écart de vitesse pourrait au maximum atteindre la valeur E.

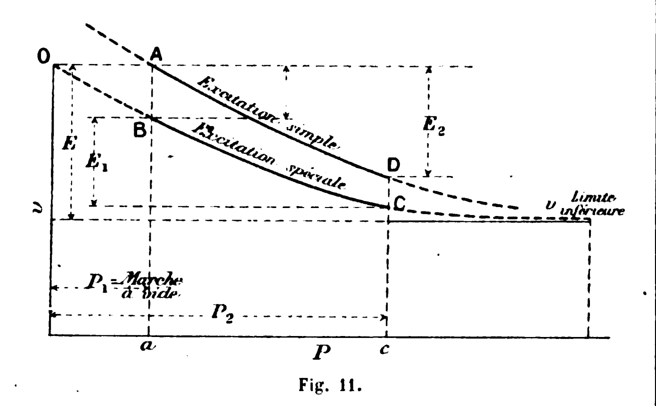


Fig. 11.

Le moteur étant construit pour une puissance maximum P_2 (fig. 8) et la marche à vide du train absorbant une puissance P_1 la vitesse pourra osciller entre les deux valeurs B*b* et C*c*.

L'action régulatrice du compoundage est proportionnelle à l'écart. Par le fait que la puissance ne descend jamais en dessous de la valeur P_1, l'action régulatrice est diminuée d'une certaine proportion AB.

Si par un dispositif approprié, on parvenait à faire agir l'excitation série à partir de la puissance P_1, ce qui peut se traduire graphiquement en déplaçant le diagramme OC de la quantité OA vers la droite, on disposerait de l'écart maximum E.

Dans ce but, la *Compagnie internationale d'électricité de Liège* a fait breveter un moteur compound à excitation série spéciale. Aux extrémités de l'enroulement série est connectée une petite dynamo dite *égalisateur de puissance* (fig. 12). Cette

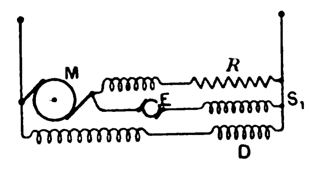


Fig. 12.

machine est munie d'une excitation différentielle. L'une S est alimentée par une résistance ohmique traversée par le courant du moteur, l'autre D est indépendante.

La résistance ohmique est réglée de façon telle que pour la marche à vide du train, tout le courant du moteur soit soutiré par l'égalisateur de manière que l'enroulement série soit inactif. Lorsque la puissance croît, l'excitation série augmente non pas proportionnellement au courant, mais plus rapidement, ainsi qu'il résulte de l'examen du tableau ci-dessous.

Armature en ampères.	Enroulement série en ampères.
100	— 720
200	— 480
400	0
600	+ 480
1200	+ 1820

La puissance de 400 ampères correspond à la marche à vide du train.

La courbe de vitesse descend plus rapidement et la valeur limite est atteinte pour une puissance OR inférieure à la puis-

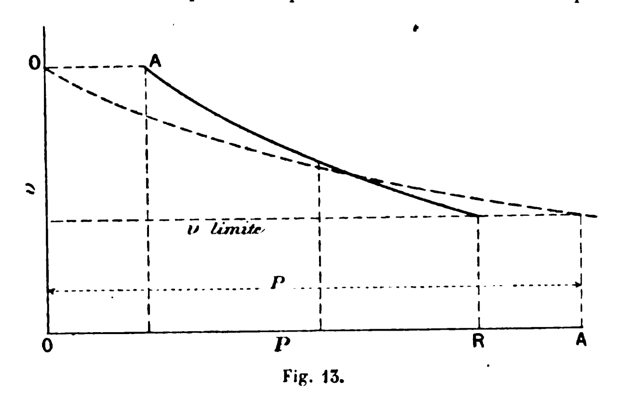


Fig. 13.

sance OA qu'il faudrait réaliser si l'excitation était simplement série (fig. 13).

Variation de vitesse. — Nous nous sommes occupés jusqu'à présent des conditions que doit remplir un moteur pour le rendre à même de supporter le travail du laminage. Les nécessités de la fabrication exigent que la vitesse puisse être réglée suivant les profils à exécuter. Dans certaines usines, on se contente de 25 pour 100 de variation; dans d'autres, on demande 75 pour 100.

Le moteur triphasé se prête mal à des variations de régime. Pour laminer à des vitesses réduites on augmente la résistance de réglage (fig. 6) de manière à faire tomber plus rapidement la vitesse avec la charge. Ce moyen ne résout qu'imparfaitement le problème, attendu qu'à vide la vitesse s'écarte très peu de son maximum; il a de plus l'inconvénient d'accroître la perte dans le démarreur.

Le manque d'élasticité qu'on a toujours reproché au moteur triphasé est bien prêt de cesser d'exister. M. Meller, ingénieur à Liège, est parvenu d'une façon pratique à réaliser un moteur triphasé capable de développer sa pleine puissance à diverses vitesses avec un rendement et un facteur de puissance sensiblement constants. Les résultats des essais effectués dans les ateliers de la Compagnie internationale d'électricité sur un semblable moteur de 30 kw ont pleinement confirmé les calculs de l'inventeur. Ils ont provoqué la formation d'une Société en vue d'appliquer le brevet Meller aux machines d'extraction et aux trains de laminoirs.

Cette invention est d'origine trop récente pour qu'on puisse en citer déjà des applications. Par le nombre des projets qui sont à l'étude dans les bureaux de la Compagnie, on peut augurer que dans un avenir peu éloigné, plusieurs trains de laminoirs seront équipés avec le moteur Meller.

Avec le courant continu, il est possible de faire varier la vitesse dans de grandes limites.

En agissant simplement sur l'excitation shunt, on peut la faire tomber de 50 pour 100 de sa valeur, sans nuire au rendement.

La Société anonyme de Grivegnée possède un train marchand, commandé par moteur de 300 à 700 kw « compound » muni de l'égalisateur de puissance. La vitesse peut varier à vide entre 350 et 220 t:m (fig. 14). Avec la charge elle tend vers 180 t:m environ.

La Société anonyme de la Providence, à Marchienne-au-Pont, a également commandé à la Compagnie internationale d'électricité, pour un train marchand, un moteur de 500 à 1000 chevaux permettant à vide des variations de vitesse allant de 300 à 150 tours, soit donc dans le rapport de 2 à 1.

Dans le même ordre d'idées on peut citer la Société d'Ou-

grée-Marihaye qui possédera dans quelques mois un moteur de laminoir de 750 à 1100 kw devant tourner à tous les régimes compris entre 75 et 135 t : m. Ce moteur sortira des mêmes ateliers que les précédents. La variation de vitesse

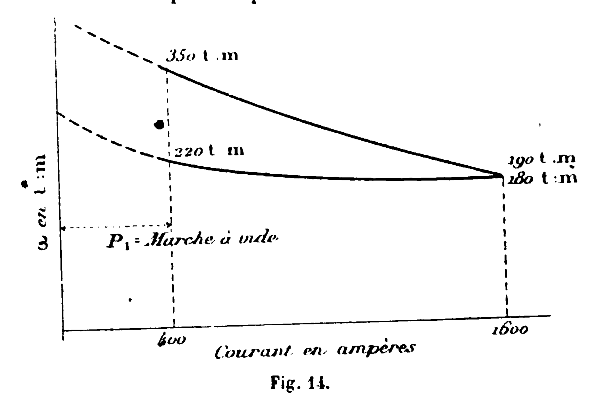


Fig. 14.

est ici de 50 pour 100. Si l'on demande un écart plus considérable, il convient de recourir à des dispositifs spéciaux.

La Compagnie a étudié et construit pour la Société anonyme d'Ougrée-Marihaye, l'équipement électrique d'un train marchand. La fabrication exige que la vitesse y soit portée de 33 à 100 tours au dégrossisseur.

Malgré la grande variation de vitesse on exigea que le rendement restât constant à tous les régimes. Le problème a été résolu en recourant à deux moteurs dont un à deux collecteurs commandés par un combinateur spécial destiné à les coupler convenablement, suivant la vitesse à obtenir.

En résumé, on peut conclure de cette étude succincte que le moteur électrique triphasé ou à courant continu peut être rendu aussi docile que la machine à vapeur. Si à cette qualité on ajoute les multiples avantages que présente l'électricité d'une manière générale, on trouvera naturel que les métallurgistes aient recours à ce merveilleux moyen de transport d'énergie pour l'appliquer aux laminoirs.

BIBLIOGRAPHIE

Transactions of the international Electrical Congress, Saint-Louis, 1904 (Comptes rendus du Congrès international d'Électricité de Saint-Louis). — *Publication officielle.* — 3 volumes de 25 × 16 cm ; ensemble 2843 pages.

Faire *plus* grand et *plus* vite et paraître *davantage*, le reste venant, si possible, par surcroît, tel est l'objectif de cette grande émanation du vieux monde qui constitue le peuple américain ; tel est aussi l'esprit qui paraît avoir présidé à la production de cette énorme publication à laquelle il n'a pas fallu, comme chez nous, des années pour voir le jour. Les éléments en étaient, du reste, en grande partie accumulés d'avance, et, si ce colossal recueil renferme des travaux récents d'un grand nombre des personnalités internationales de la science, il est loin, d'une part, d'en représenter l'ensemble, et de ne contenir, d'autre part, que des mémoires originaux ou du moins inspirés ou provoqués par la circonstance. Nous y retrouvons sous un fard destiné à réparer des ans le réparable outrage, d'anciennes connaissances, que nous saluons d'ailleurs toujours avec plaisir. Nous ne nous en étonnons pas autrement, étant donné que, à de rares exceptions près, l'étranger ne s'est pas fait représenter par les sommités de ses savants à ce Congrès privé, dont les discussions, si intéressantes qu'elles pussent être, ne devaient aboutir à aucune résolution pratique de caractère officiel et d'intérêt général.

De cette absence de programme et de la liberté, bien américaine, de laisser à chacun le choix de son petit sujet de conversation, résulte la difficulté d'un compte rendu d'ensemble que nous ne tenterons même pas. En dehors, en effet, de la grande division fondamentale des huit Sections, en quelque sorte obligatoires, du Congrès, savoir : A. Théorie générale ; — B. Applications générales ; — C. Électrochimie ; — D. Transmission électrique de l'énergie ; — E. Éclairage et distribution électriques ; — F. Modes de transports électriques ; — G. Télécommunication électrique ; — H. Électrothérapeutique ; qui, avec les préliminaires administratifs indispensables, se partagent les trois volumes, aucun ordre technique, ni chronologique, ni même alphabétique, ne paraît avoir présidé à l'établissement de cette vaste publication. Si l'on ajoute qu'elle ne comporte aucune table analytique, ou autre, des matières, on comprendra que les recherches n'y soient pas des plus commodes.

27 communications ont été faites dans la Section A ; 20 dans la Section B ; elles forment, en 830 pages, le premier de ces trois volumes. Le second contient les communications faites dans les sections C, D, E, au nombre de 15, 16 et 25 respectivement dans ses 984 pages. Enfin on trouve dans les 925 pages du troisième volume, 16 communications pour la Section F, 21 pour la suivante G et 21 pour la dernière H. — Soit, au total, 165 mémoires avec les discussions auxquelles ils ont donné lieu, mais à travers lesquels rien, comme nous l'avons dit, pas même un index alphabétique par noms d'auteurs, ne vient guider le chercheur et lui fournir des points de repère.

Au demeurant, résumé, sinon de l'état actuel de la science électrique, du moins des questions à l'ordre du jour en l'an de grâce 1904.

Au point de vue matériel, très belle et très nette exécution typographique, comme toujours, agrémentée de nombreuses figures, sans parler de celles des principaux membres du Congrès et du bâtiment qui lui a donné asile. — Volumes élégamment reliés. Tout ce qu'il faut pour plaire, en un mot, et pour justifier largement la part contributive de chacun des adhérents à l'œuvre commune.

E. Boistel.

Téléphones de l'Industrie électrique :

Rédaction : Nos **812-89.**

Administration : Nos **704-44.**

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

351 896. — **Bines.** — *Système et appareil téléphoniques* (28 février 1905).

351 926. — **Arnold.** — *Système de photophonie* (1er mars 1905).

351 760. — **Siemens Schuckert Werke G.** — *Disposition de l'enroulement pour machines asynchrones pour faire obtenir des nombres de pôles différents dans la proportion de 1 : 2* (15 février 1905).

351 865. — **Gardiner.** — *Accumulateurs* (28 février 1905).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

Société d'Études pour l'Exploitation de l'Énergie Électrique à Paris. — Cette Société a été constituée le 8 août 1905.

Elle a pour objet : 1° de faire toutes études et tous accords préliminaires concernant la concession, sous quelque forme que ce soit, du régime futur de l'électricité à Paris et de poursuivre l'obtention de cette concession pour le compte d'une Société anonyme à constituer; 2° d'obtenir cette concession de la ville de Paris; 3° et éventuellement, dans le cas d'obtention de la concession, de constituer la Société anonyme mentionnée plus haut et chargée de l'exploitation de cette concession.

Le siège de la Société est établi à Paris, rue d'Anjou, n° 42. Il pourra être transporté dans tout autre endroit de la même ville par simple décision du Conseil d'administration.

La Société prendra fin le 31 décembre 1908, sauf prorogation ou dissolution anticipée.

Le capital social est fixé à 1 million de francs, divisé en 100 actions de 10 000 francs chacune. Les actions sont nominatives et ne pourront être cédées qu'aux personnes déjà actionnaires et avec l'agrément du Conseil d'administration.

La Société pourra augmenter son capital, en une ou plusieurs fois, par l'émission de nouvelles actions, soit en numéraire, soit par voie d'apport. Cette augmentation ne pourra avoir lieu qu'en vertu d'une décision de l'Assemblée générale extraordinaire. La préférence pour la souscription aux actions nouvelles, sauf dans le cas où ces actions devraient être attribuées à des tiers en représentations d'apports faits par eux à la Société, appartiendra aux actionnaires, dans la proportion des actions par eux possédées.

L'Assemblée générale fixera le taux d'émission des actions nouvelles et le Conseil d'administration fixera les délais et conditions dans lesquels le droit de préférence pourra être exercé.

La Société est administrée par un Conseil composé de six membres nommés pour la présente durée de la Société et au plus pour quatre années.

Chaque administrateur doit déposer dans la caisse sociale une action affectée à la garantie de sa gestion et inaliénable pendant la durée de ses fonctions.

Le Conseil a les pouvoirs les plus étendus pour agir au nom de la Société.

Il est en outre nommé, chaque année, en Assemblée générale, un ou plusieurs commissaires, actionnaires ou non, chargés de faire un rapport à l'Assemblée générale de l'année suivante.

Chaque année, il est tenu, au plus tard le 30 juin, une Assemblée générale pour l'examen et l'approbation des comptes. L'Assemblée peut, en outre, être convoquée extraordinairement, soit par le Conseil d'administration, soit en cas d'urgence, par le ou les commissaires. Tout actionnaire a le droit d'y prendre part, quel que soit le nombre de ses actions.

L'Assemblée générale est régulièrement constituée, lorsque les membres présents, en personne ou par mandataire, représentent au moins le quart du capital social. Si lors d'une première réunion, le quart du capital social n'est pas représenté, il est convoqué une deuxième assemblée qui délibère valablement quelle que soit la portion du capital représentée, mais seulement sur les objets à l'ordre du jour de la première réunion.

Les Assemblées générales extraordinaires ne sont régulièrement constituées qu'autant qu'elles sont composées d'actionnaires représentant au moins les trois quarts du capital social. Les décisions à prendre par ces Assemblées ne seront valables qu'à la condition de réunir une majorité composée des trois quarts des voix présentes ou représentées.

Les comptes de la Société seront arrêtés le 31 décembre de chaque année.

Sur les bénéfices acquis à l'inventaire, il sera d'abord prélevé 5 pour 100 pour la constitution du fonds de réserve légale.

En ce qui concerne le solde de ces bénéfices, l'Assemblée générale annuelle décidera s'il y a lieu d'en faire la répartition entre les actionnaires et dans quelles proportions, ou s'il y a lieu de les porter en totalité ou en partie à un fonds de prévoyance.

En cas d'obtention de la concession dont il est parlé plus haut, l'Assemblée générale extraordinaire, sur la proposition du Conseil d'administration, détermine les conditions de l'apport à faire à la Société anonyme chargée de l'exploitation de cette concession, cet apport devant comprendre, en dehors de la concession elle-même, les études faites et conventions intervenues à l'occasion de cette concession ou en vue d'en préparer et assurer l'exploitation.

A l'expiration de la Société ou en cas de dissolution anticipée, la liquidation s'opérera par les soins du Conseil d'administration, à moins de décision contraire de l'Assemblée.

L'actif social, après l'acquittement de toutes les charges, sera d'abord appliqué à rembourser les sommes versées sur les actions augmentées de l'intérêt à 5 pour cent l'an; la solde sera réparti entre toutes les actions, sauf décision contraire de l'Assemblée générale.

Le Conseil d'administration est composé de : MM. André Bénac, propriétaire, demeurant à Paris, 14, rue de Clichy; — Marie-Maurice Geny, directeur général des établissements Schneider et Cie, demeurant à Paris, 42, rue d'Anjou; — Georges Gouin, propriétaire, demeurant à Paris, 41, avenue Montaigne; — Maurice Lichtenberger, secrétaire général des établissements Schneider et Cie, demeurant à Paris, 42, rue d'Anjou; — Charles Mildé, industriel, demeurant à Paris, 60, rue Desrenaudes; — Paul Nivard, propriétaire, demeurant à Saint-Cloud, 11, parc Montretout.

L'Éditeur-Gérant : A. Lahure.

36082. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 332 — 25 Octobre 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

Union internationale de tramways et de chemins de fer d'intérêt local. — On sait que l'Exposition de Milan, en 1906, organisée par les soins du gouvernement italien, comprendra une exposition *internationale* des moyens de transport. L'Union internationale de tramways et de chemins de fer d'intérêt local a décidé, en conséquence, de tenir son Congrès annuel à Milan, et nous reproduisons ci-dessous le programme des questions qui y seront discutées ou exposées.

Première catégorie. — **Questions dites à discussion.** — A. — Question d'ordre général. — *Première question.* — Réglementation des moteurs de traction à courant continu.

B. — Questions relatives aux tramways urbains. — *Deuxième question.* — Avantages et inconvénients des différents systèmes de freins mécaniques en usage dans les exploitations de tramways électriques.

Troisième question. — Du gabarit des voitures de tramways urbains, spécialement au point de vue de la largeur.

C. — Questions relatives aux chemins de fer d'intérêt local. — *Quatrième question.* — De la vitesse maximum des trains pour les lignes d'intérêt local sur siège spécial et pour les lignes sur route.

Cinquième question. — Superstructure de la voie pour lignes de chemins de fer d'intérêt local au point de vue spécial : *a*, de la longueur des rails à mettre en œuvre; *b*, de l'emploi des joints soudés (Falk, Goldschmidt, etc.); *c*, du chevauchement des joints; *d*, des moyens d'empêcher le desserrage des boulons.

Seconde catégorie. — **Questions dites documentaires.** — A. — Questions dites documentaires. — *Sixième question.* — Les turbines à vapeur dans leurs applications à la traction électrique.

Septième question. — Progrès de la traction électrique dans ses applications aux lignes de tramways et de chemins de fer d'intérêt local.

Huitième question. — De l'importance économique des usines génératrices et des moteurs à gaz pauvre dans les installations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local.

B. — Questions relatives aux tramways urbains. — *Neuvième question.* — Construction des voies dans les réseaux de tramways urbains (infrastructure et superstructure).

Dixième question. — Avantages et inconvénients dans les réseaux importants de tramways du système d'alimentation

par zones isolées ou non isolées, comparé au système d'alimentation sans aucun sectionnement.

Onzième question. — Résultats obtenus par l'emploi des compteurs de courant et autres sur les voitures de tramways.

C. — Question relative aux chemins de fer d'intérêt local. — *Douzième question.* — Procédés destinés à l'épuration des eaux nécessaires à l'alimentation des chaudières de locomotives de chemins de fer d'intérêt local.

La lampe à filament de tantale sur courant alternatif. — La Société Siemens de Londres vient de communiquer à un de nos confrères anglais l'intéressante lettre que nous reproduisons ci-après, en raison de l'intérêt primordial qu'elle offre pour tout consommateur employant le courant alternatif.

« Les lampes à filament de tantale se sont déjà vendues par centaines de mille, et on a déjà une expérience assez grande de leur fonctionnement. Cette expérience nous a démontré que sur les circuits à courant alternatif les résultats sont beaucoup moins bons que sur les circuits à courant continu, la durée de la lampe étant fréquemment réduite et le globe ayant une tendance marquée à se noircir. Nous vous serions donc très obligés si vous vouliez bien publier cette information en bonne place, et recommander pour le moment présent de limiter l'emploi des lampes à filament de tantale autant que possible aux circuits à courant continu.

« *Durée.* — On a souvent demandé de fixer la durée des lampes. Il est évident qu'il est impossible de fixer uniformément cette valeur pour les lampes à filament de tantale, comme d'ailleurs pour les lampes à filament de charbon, mais on peut généralement admettre, pour les circuits à courant continu, une durée utile de 400 à 600 heures, et, dans beaucoup de cas même, une valeur plus élevée. Quant à la durée totale, elle dépasse de beaucoup 1000 heures.

« *Lampe à 2,2 watts par bougie.* — Nous avons fait savoir antérieurement que sous différentes tensions les pouvoirs éclairants des lampes s'écartaient proportionnellement du pouvoir spécifique de 23 bougies anglaises pour 110 volts. On nous a souvent demandé pourquoi nous ne mettions pas en vente des lampes à 110 volts donnant 16 bougies, et on a émis l'opinion que l'intensité lumineuse de 23 bougies dépassait inutilement les besoins, tout en correspondant à une consommation moindre que la lampe de 16 bougies. Il convient de savoir que, dans l'état actuel de la construction, on ne peut réduire le pouvoir éclairant qu'en réduisant la tension, si l'on tient à conserver le rendement. Nous pouvons accepter des commandes pour des lampes de 2,2 watts par bougie pour 50, 55, 60, 65, 73, 75, 100 et 110 volts. La durée utile de ces lampes est environ 2 fois plus élevée que la durée des lampes dont nous avons parlé ci-dessus, et leur pouvoir éclairant est de 30 à 40 pour 100 moins élevé, avec une consommation spécifique initiale de 2,2 à 2,4 watts par bougie. Par exemple, la lampe à 110 volts de ce dernier modèle donne environ 14,5 bougies avec une consommation spécifique initiale de 2,2 watts par bougie.

« Sa durée utile est d'environ 800 à 1000 heures, sa durée totale de 1500 à 2000.

« Avec la consommation mentionnée, une lampe d'une durée moins longue réalise encore, on en conviendra, un grand progrès sur toutes les lampes à filament de charbon.

« Pour Siemens Bros et C°. W. Zengler. »

Les moyens de transport et de communication dans Paris. — Un journal quotidien relate l'expérience faite par lui il y a quelque temps pour comparer les divers modes de transport dont disposent les Parisiens, ces habitants d'une ville si peu habituée à la facilité des communications, au moins avant l'apparition du Métropolitain, qui a changé dans une proportion imprévue les moyens de transport, et surtout leur rapidité. Il a posé et résolu le problème dans les termes suivants, qui ne sont pas dépourvus de la diplomatique résignation qui caractérise les Parisiens en matière de traction.

« Étant donné qu'on habite la rue de Richelieu et qu'on a une communication très pressée à faire à un ami, qui se trouve à la terrasse d'un café de l'avenue de la Grande Armée, quel sera le procédé le plus rapide, de la bicyclette, du fiacre, de l'omnibus, du Métropolitain, de la dépêche, du pneumatique ou du téléphone ?

« L'expérience s'est accomplie dans les conditions les plus régulières, et voici les résultats de ce concours d'un nouveau genre : c'est la bicyclette qui est arrivée première en 11 minutes 15 secondes; le fiacre deuxième en 23 minutes; le Métropolitain troisième en 31 minutes; l'omnibus quatrième en 34 minutes; la dépêche cinquième en 35 minutes; le pneumatique, très mauvais sixième en 3 heures 3 minutes. Et quant au téléphone, il n'est pas arrivé du tout! aux dernières nouvelles notre confrère n'avait pu encore obtenir la communication. Maintenant, est-il sûr que le café en question eût le téléphone? Tout est là.

Adoption du courant alternatif simple pour la traction sur la ligne de New York-New Haven et Hartford. — La décision prise par l'administration de ce chemin de fer et communiquée par M. C. F. Scott au Congrès de l'Association américaine des chemins de fer et tramways, est à plusieurs égards intéressante : on sait que les trains de voyageurs du New York-New Haven and Hartford Railroad accèdent à la grande station centrale de New York par les voies du New York Central Railroad dont ils empruntent le parcours sur une longueur de 18 km environ. Or, le New York Central est en transformation électrique, et exclut de ses voies les locomotives à vapeur, ce qui oblige l'Administration du New York-New Haven and Hartford Railway à faire la traction de ses trains, sur les 18 km de longueur commune, par les mêmes moyens, c'est-à-dire par la traction électrique à courant continu.

Pour éviter le changement de locomotives, l'Administration a décidé d'effectuer la transformation électrique complète de la ligne, mais au lieu de courant continu, elle a adopté le courant alternatif, en imposant simplement cette condition au matériel, de pouvoir fonctionner sur le tronçon commun en utilisant le courant continu du New York Central.

C'est la première application du courant alternatif simple aux trains réguliers de voyageurs d'une grande ligne de chemin de fer américaine : il semblait qu'il fût tout indiqué d'employer la locomotive à courant continu, mais les ingénieurs de la ligne n'ont pas hésité à adopter une solution plus générale, bien qu'actuellement plus téméraire.

Ils ont donné commande à la Compagnie Westinghouse de 25 locomotives pour service des voyageurs à grande vitesse, du poids de 70 tonnes, capables de remorquer, à la vitesse commerciale de 40 km à l'heure en service local, des trains de 200 tonnes avec arrêt tous les 3500 m, et susceptibles de donner une vitesse maxima de 72 km à l'heure entre stations.

En service express et avec des arrêts plus espacés, ils pourraient maintenir une vitesse de 96 à 112 km à l'heure avec des trains de 250 tonnes. Enfin, la remorque des trains plus lourds se ferait par l'emploi de plusieurs locomotives associées et par unités multiples. Chaque locomotive comportera quatre moteurs, sans engrenages, reliés par deux en série d'une manière permanente : sur courant continu la régulation de vitesse se fera par série parallèle, et sur courant alternatif par variation de la tension appliquée. Les moteurs offrent cette particularité d'être montés sans engrenages, mais pas sans suspension comme au Central London. Sous courant continu chacun des moteurs pourra développer 300 poncelets.

Le record de consommation des turbines à vapeur en Europe. — A notre époque où les turbines à vapeur prennent



une extension considérable, il n'est pas sans intérêt de signaler les industries qui en ont fait l'adoption en grand dès le début, et en ont, par suite, développé l'usage.

Le plus gros client actuel de turbines à vapeur est le groupe franco-belge propriétaire des usines électriques suivantes : 1° l'usine de Saint-Denis, qui doit fournir à une des régions de Paris l'énergie nécessaire à l'éclairage et à la force motrice. La production pourra atteindre 27 500 poncelets et la capacité de surcharge 20 pour 100 pendant deux heures; 2° l'usine de Sclessin, près de Liège, pourra développer de même une puissance de 14 000 poncelets; 3° l'usine de Charleroi, une puissance de 3000 poncelets; 4° et enfin, les installations en cours de Bruxelles, Ostende, Maubeuge et le Caire, représentant une puissance de plus de 10 000 poncelets, ce qui élève à près de 55 000 poncelets la puissance des turbines établies en trois ans par une seule Compagnie.

Fils isolés à l'acétate. — Notre confrère l'*Elektrotechnische Nachrichten* publie le tableau suivant des facteurs d'utilisation comparés des isolants à la soie et à l'acétate. (Ce dernier est en grande faveur depuis sa récente apparition, pour ses qualités non hygroscopiques et son faible encombrement.) Par facteur d'utilisation, nous entendons l'expression, en centièmes, du rapport de la section du conducteur à la surface du carré circonscrit à la section totale. Le tableau est le suivant :

Diamètre du conducteur en mm.	Facteur d'utilisation pour fil à l'acétate.	Facteur d'utilisation pour isolement à une couche de soie.	Facteur d'utilisation pour isolement à deux couches. de soie.
0,07	48	32	17
0,08	50	35	20
0,10	54	40	25
0,12	57	44	29
0,15	61	49	34
0,18	64	55	38
0,20	65	58	41

Pyrophone électrique. — Nos confrères anglais décrivent sous ce nom un appareil qui figure à l'Exposition d'électricité d'Olympia, où il fait l'objet d'une assez grande attention. L'appareil a pour principe le déplacement d'une colonne gazeuse sous l'effet des variations de température, et son action sur une colonne mercurielle pouvant agir sur des circuits électriques *normalement fermés*. Les ruptures qu'elle peut provoquer successivement dans ces circuits donnent un signal d'appel, soit en cas de dérangement, soit en cas de danger, soit en cas d'incendie. Il suffit que trois circuits, correspondant à trois contacts convenablement échelonnés, mettent en jeu des récepteurs appropriés, qui soient en même temps des avertisseurs de dérangement, de danger ou d'incendie. Une première élévation de température volatilise le liquide, et la pression fait descendre la colonne mercurielle au-dessous du premier contact, qui correspond au cas de danger. Une élévation supplémentaire de température fait descendre le mercure au-dessous du second contact, qui correspond au cas d'incendie, etc.

L'appareil réalise en somme tout un service comparable à celui des thermostats qu'on a de divers côtés étudiés comme avertisseurs aux États-Unis.

L'électricité à Venise. — On sait que depuis quelques années a été entreprise une importante installation pour le transport à Venise de l'énergie électrique de Cellina.

L'usine comporte 6 groupes électrogènes principaux, chacun composé d'une turbine hydraulique, tournant à 315 t:m, et d'un alternateur triphasé, à 50 périodes par seconde, de 1800 kw, 1000 v.

Ces alternateurs ont été construits par la maison Brown-Boveri, de Baden (Suisse). Leur excitation est fournie au moyen de 3 génératrices de 150 kw tournant à la vitesse de 500 t:m. Le courant triphasé est transformé par 5 groupes de transformateurs à courant alternatif simple, connectés en triangle, qui en élèvent la tension de 1000 v à 36 000 v, et une ligne triphasée transporte sous cette tension le courant nécessaire à Venise, où la tension est de 27 000 v. La régulation de cette tension à Venise se fait au moyen des variations de la tension à l'usine génératrice.

L'éclairage de l'usine génératrice est obtenu au moyen d'un transformateur triphasé spécial, ou par courant continu, au moyen d'une batterie d'accumulateurs, fonctionnant en parallèle avec les dynamos d'excitation. Les groupes transformateurs en service sont au nombre de quatre, le cinquième étant une unité de réserve. Chaque transformateur possède, entre son circuit secondaire et son circuit primaire, un appareil de disjonction automatique, et, en parallèle avec son circuit à haute tension, des éclateurs à boules, qui peuvent agir comme limiteurs de tension. Pour parer aux excès d'échauffement, on les a munis de relais thermostatiques, qui, pour une température donnée (40° dans l'installation considérée), ferment le circuit d'une lampe rouge montée sur le tableau.

Une des excitatrices est commandée par un moteur synchrone à 4000 v, relié aux barres omnibus, les autres excitatrices étant commandées mécaniquement par des turbines.

Le courant reçu à Venise étant à 27 000 v, des transformateurs en abaissent la tension à 6000 v pour le réseau de la ville, réseau qui alimente une ancienne distribution à 2000 v, qu'on a laissé subsister, et des postes nouveaux, réducteurs de tension de 6000 v à 205 pour le service des abonnés.

Les moteurs à gaz en Grande-Bretagne. — On sait l'avenir des moteurs à gaz dans l'industrie et particulièrement dans la production de l'électricité. Leur présent est déjà fort enviable, puisque la statistique a démontré en Angleterre que les constructeurs produisent chaque semaine 200 moteurs à gaz de toutes puissances. Un tiers du gaz produit en Grande-Bretagne est utilisé à la production mécanique de l'énergie par moteurs à gaz.

Société hydraulico-électrique Briantée. — Une Société vient de se fonder, sous le nom de Société hydraulico-électrique de Briantée, à Milan, pour la production et la distribution de l'énergie électrique aux différents ateliers et usines de la région. Son capital est de 1 million de lires, divisé en 10 000 parts de 100 lires; avec option pour augmentation de 50 pour 100 du capital.

Nouvel incendie à Niagara. — Dans la nuit du 9 septembre, s'est produit un nouvel incendie à l'usine de la *Niagara Falls Hydraulic Power C°*, incendie qui s'est produit dans la tour contenant les conducteurs, et qui, immobilisant les lignes, a plongé la ville dans l'obscurité. Certaines usines ont été particulièrement affectées, notamment la *Pittsburgh Reduction C°*, dont les dommages s'élèvent à 10 000 dollars. La position même de l'usine rendait difficile le service efficace des pompiers, ce qui explique l'étendue assez considérable des dégâts.

Groupe électrogène de grande puissance à force motrice par le gaz. — En vue d'une nouvelle usine que compte établir à San Francisco la *Francisco Light and Power Distribution C°*, l'industrie américaine construit en ce moment un moteur à gaz d'une puissance au frein de 4000 poncelets. L'usine comportera 4 moteurs, dont 3 commanderont des alternateurs de 4000 kw à 25 périodes par seconde, et le quatrième commandera un alternateur de même puissance à 60 périodes par seconde.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Alais (Gard). — *Traction électrique.* — La question de l'établissement d'un réseau de tramways électriques dans la ville d'Alais vient d'être agitée au Conseil municipal.

Par contrat, la ville d'Alais s'engage à rétrocéder à M. Nave, ingénieur, pour une période de cinquante ans, la construction et l'exploitation de deux réseaux de tramways dont elle sollicite la concession. M. Nave est autorisé à alimenter ces réseaux à l'aide du courant fourni par toute Société d'énergie électrique.

Il sera établi à Alais deux réseaux : 1° de la gare P.-L.-M. à la Royale; de la gare au marché; de la gare à Tamaris; 2° le second réseau comprendrait les lignes allant de l'hôtel de ville à la Prairie, à la gare du Rhône et au cimetière.

Dans la discussion qui s'est engagée à ce sujet, M. Codou présente quelques observations et demande qu'il soit ajouté à cette convention une proposition tendant à fixer un minimum de salaire pour les divers services de cette nouvelle exploitation.

A titre de renseignement, M. Champollion demande à quel prix environ s'élèvera cet établissement de locomotion nouvelle et si les travaux commenceront bientôt.

M. Louche fait remarquer qu'avant que les formalités d'usage soient terminées et que le décret d'utilité publique soit rendu, il s'écoulera une période d'environ six à huit mois. Ce n'est qu'à ce moment-là qu'on pourra commencer l'installation qui pourrait être terminée à peu près dans deux ans. La dépense serait approximativement de 4 500 000 fr.

Le Conseil vote l'établissement des tramways électriques et donne plein pouvoir au maire pour s'occuper et activer les formalités.

Fresse (Vosges). — *Éclairage.* — La Société du Pont-du-Gouffre (usine électrique) doit incessamment éclairer les communes de Fresse et du Ménil.

Cette Société consent à fournir gratuitement l'éclairage électrique au chalet entretenu par les soins des douaniers à l'entrée du tunnel de Bussang, et qui a été étudié par le Touring Club.

Millau (Aveyron). — *Station centrale.* — L'importante question de l'établissement d'un réseau de distribution d'énergie électrique fait l'objet d'une longue communication du maire, qui demande au Conseil de prendre en considération les propositions qui ont été faites à la ville. Il promet d'étudier attentivement cette question et de s'adjoindre un ingénieur spécialiste pour s'éclairer de ses conseils. Cette proposition est adoptée.

Prades (Pyrénées-Orientales). — *Chemin de fer électrique.* — Nous apprenons que les pièces de l'avant-projet, prescrivant l'ouverture de l'enquête et nommant la Commission appelée à donner son avis sont déposées au Secrétariat de la sous-préfecture de Prades.

Pendant un mois des registres seront ouverts, à l'effet de recevoir les observations auxquelles pourra donner lieu l'avant-projet dont il s'agit.

A l'expiration de ce délai une Commission se réunira à la Préfecture le 7 novembre 1905, pour examiner les observations consignées aux registres d'enquête, et après avoir recueilli tous les renseignements dont elle aura besoin et donnera son avis motivé sur l'utilité du chemin de fer électrique projeté.

Saint-Saulve (Nord). — *Traction électrique.* — Au cours d'une récente séance du Conseil municipal de cette commune M. le maire communique le projet d'installation de la traction électrique sur le réseau des tramways de Valenciennes, lequel projet est soumis à l'enquête en conformité d'un arrêté de M. le préfet du Nord.

Le Conseil après en avoir délibéré :

Accepte la traction électrique;

Refuse la prolongation de trente années demandée;

Proteste contre le tarif des droits à percevoir, lequel est de beaucoup supérieur à celui appliqué dans d'autres réseaux.

Et dit en outre :

Les poteaux ne devront, en aucun cas, constituer un obstacle à la circulation, ils seront d'un modèle agréé par la municipalité;

Les nouvelles voies d'évitement devront être installées sur la chaussée.

Saillagouse (Pyrénées-Orientales). — *Station centrale.* — Le Conseil municipal de cette commune s'est réuni déjà plusieurs fois pour délibérer sur la question de l'éclairage électrique et faire le nécessaire pour arriver au but depuis si longtemps désiré.

L'usine hydraulico-électrique qui fournirait la lumière devant être construite sur le territoire de la commune de Ille, des conditions ont été proposées à cette dernière à cet effet.

Voici ci-après le texte des propositions qui viennent d'être de nouveau faites à la commune de Ille :

1° La commune de Ille autorise la commune de Saillagouse à construire l'usine hydraulique et la prise d'eau, et cédera gratuitement le terrain communal nécessaire à l'installation de l'usine et du canal.

En compensation la commune de Saillagouse installera pour l'éclairage public dans la commune de Ille, 25 lampes de 16 bougies;

2° Les habitants de la commune de Ille pourront prendre 60 lampes de 10 bougies au prix de 12 fr par an et par lampe;

3° L'installation des lampes publiques, le renouvellement des consoles, des poteaux hors de service, par suite de vétusté ou brisés par accident, l'entretien de la canalisation électrique seront à la charge de la commune de Ille;

4° Les nouvelles prises d'eau que la commune de Ille se réserve le droit d'établir en amont de la prise d'eau de l'usine pour l'arrosage des propriétés fonctionneront seulement pendant le jour.

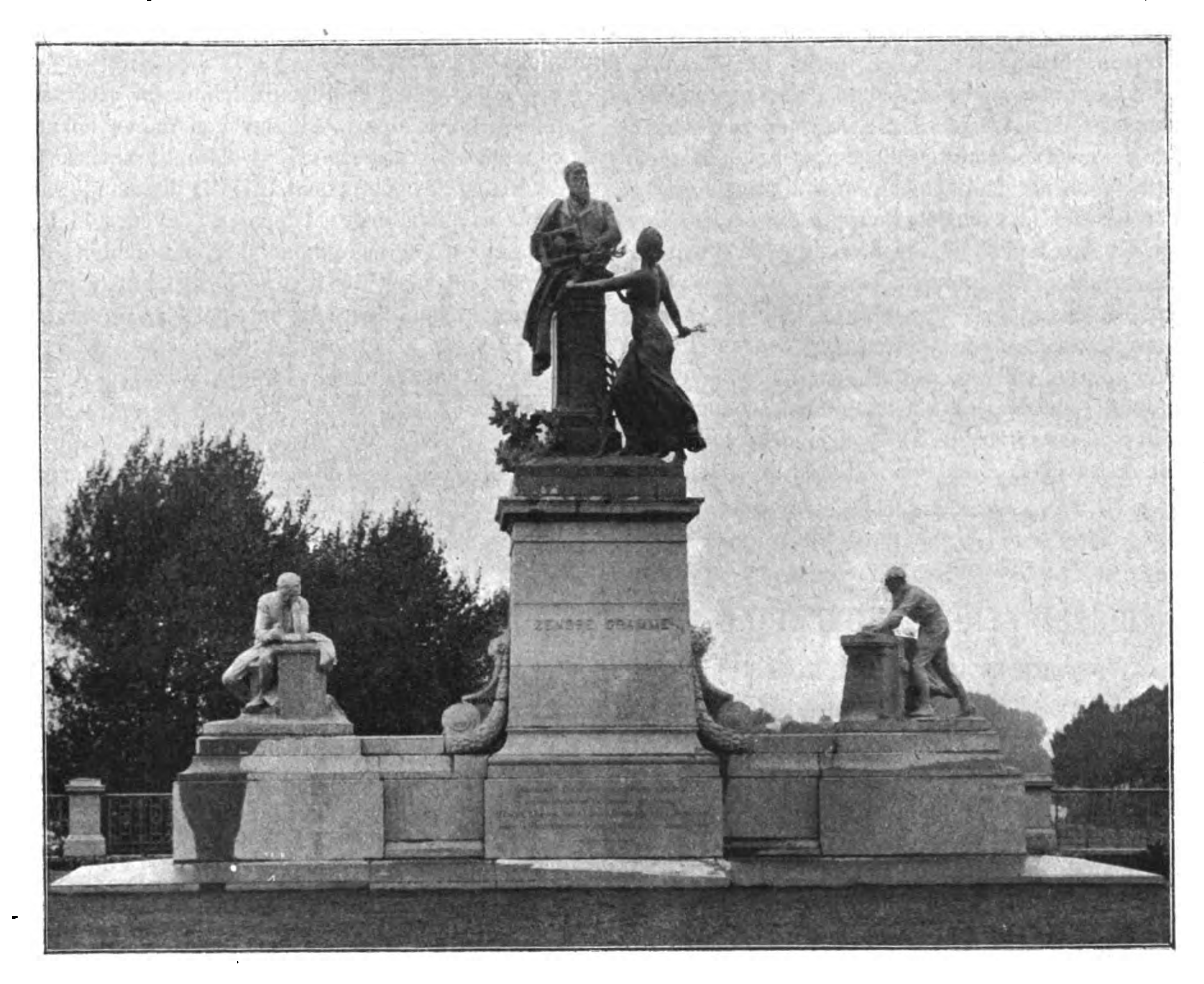
Espérons que le Conseil municipal de la commune de Ille acceptera ces conditions.

ÉTRANGER

Saint-Pétersbourg. — *Traction électrique.* — Des informations de Saint-Pétersbourg apprennent qu'il est sérieusement question dans les milieux électriques d'adopter la traction électrique pour le Transsibérien. Il est reconnu que bientôt, il sera nécessaire de porter le nombre des trains à 40 ou 50 par jour. La vitesse des trains, actuellement, est limitée par la légèreté des rails, le mauvais profil de la voie et le manque d'eau. Les experts prétendent que ces difficultés peuvent être tournées par la construction de meilleures voies, et l'emploi de locomotives plus puissantes à tenders de plus grande capacité. Suivant le comte A.-F. Zubienski, l'un des électriciens russes les plus en vue, il y aurait économie à adopter la traction électrique sur certains tronçons de la ligne. Rien encore n'est prévu pour la méthode de production de l'énergie électrique, et il est bien peu probable que ce projet reçoive son application avant longtemps.

LE MONUMENT DE ZÉNOBE GRAMME, A LIÉGE

Le samedi, 7 octobre, a été inauguré, à Liége, le monument élevé à la mémoire de Gramme, à la suite d'une souscription provoquée par l'Assemblée générale de l'Association des anciens ingénieurs sortis de l'École de Liége, le 2 août 1903. Un comité de patronage fut bientôt formé sous la présidence de M. Montefiore-Levi, dont on n'est plus à compter les initiatives heureuses. Ce Comité recueillit près de 74 000 fr dans 1060 communes; le gouvernement, la province de Liége et la ville de Liége accordèrent de généreux subsides et, grâce à ces libéralités, le Comité put poser une plaque commémorative sur la maison de Jehay-Bodignée, où naquit Gramme, créer des bourses pour l'École industrielle de Liége où Gramme fit ses études, décerner aux lauréats de l'enseignement



Monument élevé à la mémoire de Zénobe Gramme, à Liége, inauguré le 7 octobre 1905.

électrotechnique professionnel une médaille exécutée par le regretté graveur A. Mathelin, et édifier enfin, au confluent de la Meuse et de l'Ourthe, un monument superbe dû à l'éminent sculpteur, M. Thomas Vinçotte, et dont la photographie que nous reproduisons ci-dessus ne peut donner qu'une idée bien incomplète. Le sculpteur a été fort heureusement inspiré en personnifiant, dans ce monument, les trois phases de l'existence de Gramme : le travail manuel de sa jeunesse, le travail intellectuel de son âge mûr et la glorification de sa vieillesse; mais le plus beau monument élevé à la mémoire de Gramme est encore celui qu'il a édifié lui-même en dotant le monde de sa découverte. Ce monument défie l'injure du temps, car il est, comme dit Horace, *aere perennius*, plus durable que l'airain.

Nous ne reproduirons ni n'analyserons ici aucun des *dix* discours prononcés successivement par M. *Nyst*, au nom du Comité de patronage, en remettant le monument à la ville de Liége; M. *Kleyer*, bourgmestre, au nom de la ville de Liége ; M. *Gustave Francotte*, ministre de l'indus-

trie et du travail; M. le professeur *Eric Gerard*, directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore; M. *É. Hospitalier*, au nom des électriciens français; M. *A. Habets*, président de l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liége; M. *Léon Janssen*, président de l'Union internationale des tramways; M. *de Bast*, président de l'Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiore; M. *Closset*, au nom de la Société belge d'électriciens; M. *Émile Javaux*, directeur de la Société Gramme, un de ses collaborateurs de la première heure.

Tout ce qui a été dit sur la vie et les travaux de l'inventeur se trouve, en substance, dans la Notice très complète que M. Hippolyte Fontaine, son associé pendant trente ans, a bien voulu rédiger pour *L'Industrie électrique*, et que nos lecteurs trouveront dans notre numéro du 10 février 1901.

Nous nous sommes personnellement associé avec plaisir à l'hommage solennel rendu par la Belgique à l'un de ses plus illustres enfants, né en Belgique, resté belge de cœur et belge de nationalité malgré près d'un demi-siècle de séjour à Paris, et avons été heureux d'accepter l'honneur que nous a fait le Comité de patronage du monument de Gramme, en nous demandant de prendre la parole au nom des électriciens français. La Belgique nous a donné un exemple dont la France, si souvent ingrate pour ses propres enfants, devrait savoir profiter en réservant plus spécialement ses monuments commémoratifs à ceux qui ont contribué à sa gloire, et lui sont restés fidèlement attachés.

É. HOSPITALIER.

DISTRIBUTION DIMORPHIQUE

D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Cette note est consacrée à l'étude d'une transformation de fréquence, réalisable statiquement, et des applications de ce principe à l'établissement d'une transmission dimorphique convenant notamment à une distribution mixte d'éclairage et de force motrice.

Cette transformation repose sur le principe suivant : Si l'on ajoute algébriquement les *n* phases d'un flux alternatif polyphasé, non sinusoïdal, contenant l'harmonique d'ordre *n*, on obtient un flux résultant alternatif simple de fréquence *n* fois plus grande. Cette propriété se démontre aisément par la considération des séries de Fourier, représentant ces différents flux; on constate, en ajoutant les termes correspondants de ces différentes séries, que l'harmonique fondamental et tous les harmoniques dont l'ordre n'est pas multiple de *n* donnent une résultante nulle, tandis que les harmoniques dont l'ordre est multiple de *n* donnent des termes qui s'ajoutent numériquement.

Physiquement, il suffit, pour effectuer cette opération, de relier les points neutres d'un système polyphasé. Le fil neutre est alors parcouru par un courant de fréquence *n* fois plus grande que la fréquence du courant polyphasé. Le système de distribution se comporte alors par rapport au courant alternatif simple comme un système à deux fils dont un conducteur serait constitué par les *n* fils de ligne mis en parallèle et l'autre par le fil neutre. Réciproquement, en produisant en un point quelconque de cette distribution un courant de fréquence *n* fois plus grande que la fréquence du courant polyphasé, on introduit l'harmonique d'ordre *n* sur le réseau.

Tout système étoile se prête à cette opération, nous en étudierons l'application à un système triphasé. On pourra par ce moyen transmettre par une même ligne du courant triphasé et du courant alternatif simple de fréquence triple.

Les générateurs et moteurs triphasés seront montés comme à l'ordinaire. Quant aux générateurs et moteurs à courant alternatif simple, ils seront branchés entre le fil neutre et des points neutres de la distribution. Il sera avantageux, pour éviter d'opposer au courant alternatif simple une trop grande inductance, de monter ces appareils par l'intermédiaire de transformateurs au moyen du dispositif indiqué figure 1 : on emploiera un transforma-

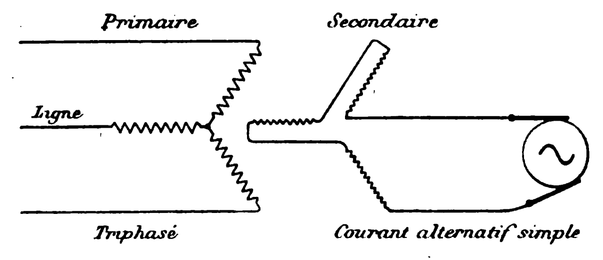


Fig. 1. — Transformation du courant alternatif triphasé en courant alternatif simple de fréquence triple.

teur triphasé dont les primaires seront branchés en dérivation sur les fils de ligne et le fil neutre; les secondaires de ces transformateurs seront connectés en série et leurs bornes extrêmes réunies à l'appareil alternatif (récepteur ou alternateur recevant ou débitant des courants alternatifs simples de fréquence triple).

On pourra ainsi alimenter par la même ligne deux systèmes complètement indépendants. Les constantes de ces systèmes pourront être choisies d'une façon quelconque; on pourra notamment employer, pour chacun d'eux, la tension la plus avantageuse, sous réserve que la tension résultante reste dans les limites compatibles avec le bon isolement de la ligne. Les variations de régime de l'une des distributions seront sans influence sur l'autre et réciproquement. Les effets fâcheux auxquels pourrait donner lieu la présence d'harmoniques ne sont d'ailleurs à craindre que pour les harmoniques d'ordre élevé; sur les lignes actuellement en usage, la présence du troisième harmonique, même si son amplitude était de l'ordre de celle de la tension principale, ne saurait produire de résonances dangereuses.

Le rendement de la distribution à courant alternatif simple ainsi montée est tout à fait comparable à celui d'une distribution ordinaire, car il n'y a à ajouter aux pertes habituelles que les pertes très faibles des transformateurs de liaison, dont il est question plus haut, fonctionnant à vide sur le courant triphasé; en effet, ces transformateurs qui fonctionnent en charge sur le courant alternatif simple sont en outre soumis à la tension triphasée et parcourus par un courant magnétisant.

On pourrait aussi utiliser le troisième harmonique produit dans l'alternateur triphasé lui-même; il suffirait de relier le point neutre de cet alternateur au fil neutre. Cet harmonique peut atteindre, dans la tension à vide des alternateurs ordinaires, des valeurs notables allant facilement jusqu'à 10 pour 100 de la tension principale, ce qui correspondrait, pour la tension simple produite, à 30 pour 100 de la tension triphasée (1); mais ce rapport diminue avec la charge, la réaction d'induit et la self-induction des circuits affectant beaucoup plus la tension simple que la tension triphasée à cause de sa fréquence plus élevée. En outre, ces deux tensions produites dans le même générateur sont solidaires l'une de l'autre et tout à-coup dans l'une se répercute dans l'autre. Il n'y aurait donc lieu d'employer ce dispositif simple que dans le cas où la charge en courant alternatif serait relativement faible et indifférente aux fluctuations de régime. Partout ailleurs, il est préférable de produire ce troisième harmonique et de l'introduire sur le réseau à la tension convenable.

Une distribution mixte de cette nature peut trouver son application partout où l'on cherche à satisfaire avec une même ligne de transmission des besoins différents.

Elle conviendrait particulièrement aux distributions mixtes d'éclairage et de force motrice desservies par du courant alternatif. On sait, en effet, que, tandis que les moteurs s'accommodent mieux d'une fréquence assez basse, les lampes, au contraire, ont besoin, pour leur bon fonctionnement, d'une fréquence relativement élevée. Pour satisfaire ces desiderata différents, on a, jusqu'à présent, préconisé soit l'établissement de sous-stations de courant continu dans le voisinage des points à éclairer, soit l'emploi de lampes spécialement construites pour les basses fréquences et notamment de foyers à arc triphasé. L'un et l'autre de ces expédients présentent des inconvénients sérieux.

L'établissement de sous-stations a pour effet d'augmenter dans de notables proportions les frais de premier établissement et les frais d'exploitation; il conduit, en effet, à remplacer les simples postes abaisseurs de tension habituellement employés qui coûtent fort peu à établir, à entretenir et à surveiller, par des postes complets de transformation qui sont fort coûteux à tous les points de vue. C'est donc là un système qui, s'il donne techniquement des résultats satisfaisants, est, au point de vue financier, très discutable.

L'emploi de lampes s'accommodant aux basses fréquences paraît plus tentant; mais il nécessite l'usage d'appareils compliqués et, par suite, délicats. Ces appareils sont habituellement constitués par des lampes à trois charbons fonctionnant sur le courant triphasé. Malgré de nombreux essais, il y a très peu de ces lampes qui donnent un fonctionnement satisfaisant, et leur complication, qui en rend le réglage et l'entretien difficiles, en fait des appareils dont la présence n'est pas souhaitable sur un réseau de distribution où l'on doit avant tout rechercher la simplicité et la robustesse.

L'emploi d'une distribution mixte supprime toutes ces difficultés; il est moins coûteux que le premier système et moins délicat que le second; il a, en outre, l'avantage de soustraire la distribution de lumière aux fluctuations inévitables de la distribution d'énergie. Il suffit pour le réaliser d'ajouter à la station génératrice des alternateurs à courant alternatif simple; il sera convenable, pour obtenir facilement un réglage rigoureux de la fréquence, de les accoupler sur l'arbre des générateurs ordinaires ou de les commander par un moteur synchrone. Quant à la ligne, il n'y aura aucune modification à y faire, le fil neutre, s'il n'existe pas déjà, pouvant être constitué par la terre. Les appareils à courant alternatif simple seront connectés à la ligne par l'intermédiaire de transformateurs, comme les appareils polyphasés; seul le montage de ces transformateurs sera différent et conforme au schéma de la figure 1. L'ensemble de la distribution mixte ainsi réalisé est représenté schématiquement par la figure 2.

Une autre application de ce dispositif réside dans la possibilité de transmettre de cette sorte par une ligne de distribution des courants auxiliaires pouvant servir à des signaux et à la commande d'appareils divers tels que compteurs, lampes ou moteurs. Ceci permet de donner une solution satisfaisante à des problèmes tels que la télégraphie sans fil spécial, l'usage des compteurs à différents tarifs, l'allumage et l'extinction à distance des lampes et la commande à distance des moteurs. Dans

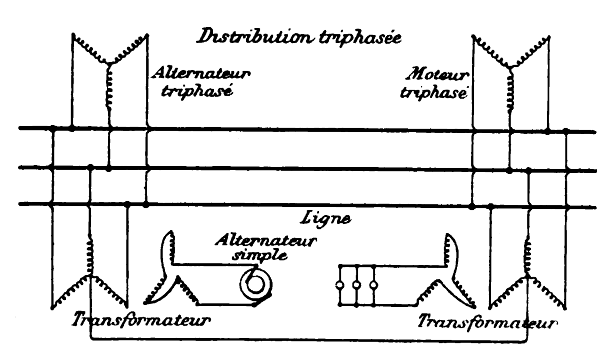


Fig. 2. — Distribution dimorphique à courants triphasés de fréquence $\frac{1}{T}$ et à courants alternatifs simples de fréquence $\frac{3}{T}$.

(1) Nous avons été personnellement à même de constater ce fait sur deux très bonnes machines; dans l'une, le troisième harmonique avait comme amplitude 9 pour 100 de la tension principale, dans l'autre 11,5 pour 100.

toutes ces applications, le courant alternatif simple peut, étant donné la faible puissance mise en jeu, être emprunté aux alternateurs de la distribution, ce qui rend inutile l'emploi de machines spéciales. M. Brüll.

MOTEURS A COURANT CONTINU

DIFFÉRENTES APPLICATIONS, DÉMARRAGES ET FREINAGES

(suite et fin [1])

Démarrage et freinage rapide des organes possédant une grande inertie. — Ce cas est des plus intéressants. c'est celui du démarrage des trains électriques et des turbines ou essoreuses, et nous prendrons ce dernier comme type, bien que les formules trouvées soient applicables dans les deux cas.

Il s'agit d'amener *le plus rapidement possible* le panier et sa charge à une vitesse angulaire déterminée, de l'y maintenir peu de temps, puis de freiner également le plus vite possible, le temps d'une manœuvre complète étant imposé. Ces conditions résultent de ce que dans les tissages, teintureries et sucreries, un seul homme conduit plusieurs turbines en tournant simplement une manette, soit pour le démarrage, soit pour l'arrêt; le rhéostat est mû automatiquement et doit donc être soigneusement proportionné avec son appareil de commande.

Le régime normal à pleine vitesse n'a qu'un intérêt secondaire, la puissance absorbée se réduit aux frottements, aussi est-ce le démarrage qui détermine la puissance du moteur à adopter. D'autre part l'obligation de freiner électriquement nous fera choisir un moteur en dérivation ou compound. Prenons de suite un exemple : soit à essorer une charge de 280 kg à 1000 t : m, le panier ayant 1 m de diamètre et pesant 250 kg. Le rayon de giration du panier est 0,4 m, celui de la charge d'après la position qu'elle prend étant sensiblement 0,42 m, celui de l'induit 0,1 m et pesant 30 kg.

L'équation générale d'équilibre d'un corps animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe O est $\Sigma M_o F = I_o \frac{d\omega}{dt}$.

$\Sigma M_o F$, étant la somme des moments des forces extérieures F;

I_o, le moment d'inertie polaire par rapport à l'axe O;

ω, la vitesse angulaire en radians par seconde.

Lorsque $\Sigma M_o F$ est constant, on a $\Sigma M_o F t = I_o \omega$. Ces formules sont analogues à celles du mouvement rectiligne $F = m\frac{dv}{dt}$ qui devient $Ft = mv$ quand F est constant, et que nous emploierons dans des problèmes de traction électrique auxquels les formules que nous allons trouver s'appliquent par un simple changement de symbole.

Remarquant que $I_o = MR_2$, R étant les rayons de giration on a :

$$\text{panier : } MR^2 = \frac{250 \,.\, \overline{0,4}^2}{9,81} = 4,08,$$

$$\text{charge : } \frac{280 \,.\, \overline{0,42}^2}{9,81} = 5,05,$$

$$\text{induit : } \frac{30 \,.\, \overline{0,1}^2}{9,81} = 0,03,$$

soit la somme 9,14 pour notre valeur de I_o; pour tenir compte de l'arbre, collets et autres parties secondaires, nous prendrons $I_o = 9,2$. La vitesse angulaire de 1000 t : m correspond à 105 m : s, d'où $I_o\omega = 966$. Pour obtenir cette vitesse en 2 m, soit 120 s, il faudrait un couple constant déduit de $\frac{I_o\omega}{t} = \Sigma M_o F = C$, soit :

$$C = \frac{966}{120} = 8,05 \text{ mkg.}$$

Mais outre ce couple, qui ne représente que la valeur nécessaire à l'accélération, il faudra que le moteur en développe un autre égal à celui des frottements qui constituent le régime à 1000 t : m évalué à 1,5 cheval, qui ajoutés à 11 chevaux correspondant au couple 8,05 font 12,5 chevaux pour la puissance nominale du moteur, mais, eu égard au peu de temps que dure le démarrage, on prendra un moteur plus faible, soit de 6 chevaux dans lequel on poussera l'intensité à 2 fois sa valeur normale, de façon à lui faire produire le couple correspondant aux 12,5 chevaux à 1000 t : m ([1]). Ce moteur aura une résistance entre balais de 0,2 ohm et une force contre-électromotrice de 103 volts à 1000 t : m.

Avant de passer au calcul du rhéostat, examinons les conditions qui caractérisent le démarrage, afin d'en déduire les règles qui nous permettront de proportionner ce rhéostat ainsi que la vitesse variable que devra donner à la manette du rhéostat l'appareil automatique destiné à l'actionner. Nous obtiendrons des formules intéressantes parce qu'elles s'appliquent à un assez grand nombre de cas qu'on rencontre fréquemment.

Nous avons vu ([2]) figure 1 comment le courant de démarrage décroît jusqu'au régime sur chaque plot; or nous savons que le couple moteur est directement fonction du courant dans l'induit quand le champ est constant, et même dans le moteur série cette proportionnalité existe pour les grandes intensités qui saturent les masses polaires, ce qui est bien le cas pendant le démarrage, soit $C = KI$, le couple moteur baisse donc avec le courant; or, c'est précisément ce que nous voulons éviter le plus possible en conservant au couple une valeur la plus constante possible afin d'arriver le plus rapidement au régime;

([1]) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 juillet 1905.

([1]) Regrettons, en passant, que l'habitude de désigner les moteurs par leur couple moteur ne se soit pas imposée.

([2]) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 juillet 1905.

la constance absolue ne pourrait être obtenue qu'avec un nombre de plots infini, il faut donc consentir une légère chute d'intensité, adopter un nombre pratique de plots et rester sur chaque plot le temps strictement nécessaire. Ces trois conditions sont réunies par une loi que nous établirons assez facilement, malgré son apparente complexité.

Que le moteur soit shunt ou compound, on peut considérer le champ comme constant puisque nous n'aurons que de légères variations d'intensité; dans ces conditions, cherchons I en fonction du temps t.

Soient : I, intensité totale traversant l'induit,

I'', intensité après régime quand il n'y a plus d'accélération, représentant ainsi toutes les résistances passives.

Le couple total $C' = KI$, mais le couple accélérateur ou utile n'est que $C = K(I - I'')$ (aux diverses charges).

Reprenons l'équation générale dans laquelle $\Sigma M_o N = C$ n'est autre chose que le couple moteur, on peut donc écrire $C = I_o \dfrac{d\omega}{dt}$.

Or ω est proportionnel à la force contre-électromotrice $e = n\omega$ ou $\omega = \dfrac{e}{n}$ et comme $e = U - RI$ on a :

$$\omega = \frac{U}{n} - \frac{R}{n} I$$

en différentiant $d\omega = -\dfrac{R}{n} dI$. En remplaçant donc C et $d\omega$ dans la formule générale on obtiendra :

$$K(I - I'') = -I_o \frac{R}{n}\frac{dI}{dt},$$

d'où :

$$dI = -\frac{nK(I - I'')}{RI_o} dt,$$

d'où :

$$dt = -\frac{RI_o}{nK}\frac{dI}{I - I''}$$

intégrant pour un temps T,

$$T = \int -\frac{RI_o\, dI}{I - I''} = -\frac{RI_o}{nK} \log_e (I - I'') + \text{constante},$$

cette expression s'annule pour $I = I_d$ intensité de démarrage pour laquelle $T = 0$, on tire pour la constante d'intégration

$$0 = -\frac{RI_o}{nK} \log_e (I_d - I'') + k,$$

d'où :

$$k = \frac{RI_o}{nK} \log_e (I_d - I'').$$

L'intégrale est donc :

$$T = \frac{RI_o}{nK} \log_e (I_d - I'') - \log_e (I - I'') = \frac{RI_o}{nK} \log_e \frac{I_d - I''}{I - I''} \quad (1)$$

ou en logarithmes vulgaires

$$T = 2{,}3026 \frac{RI_o}{nK} \log \frac{I_d - I''}{I - I''},$$

en prenant l'intégrale entre deux valeurs I et I_1 on obtiendrait

$$T - T_1 = \frac{RI_o}{nK} \log_e \frac{I_1 - I''}{I - I''},$$

mais nous avons plutôt besoin d'avoir la valeur de I après un temps t, c'est-à-dire I fonction de t; transformons donc l'équation en remarquant que e est la base des logarithmes népériens, et que le logarithme d'un nombre n'est autre que l'exposant de la puissance à laquelle est élevée la base pour représenter ce nombre :

$$e^{\frac{tnK}{RI_o}} = \frac{I_d - I''}{I - I''},$$

d'où l'on tire :

$$I = \frac{I_d - I''}{e^{\frac{tnK}{RI_o}}} + I'' \qquad (2)$$

ou encore

$$I = (I_o - I'')\, e^{\frac{nK}{RI_o}(-t)} + I'',$$

cette équation de I est celle d'une courbe exponentielle (fig. 2) pour laquelle T étant infini, I tend vers I'' : ainsi

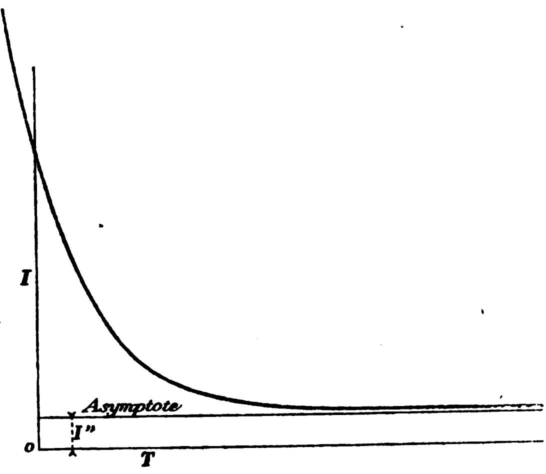


Fig. 2.

le régime n'est théoriquement jamais atteint. En effet, le couple accélérateur $K(I - I'')$ tend vers zéro, à mesure que l'on s'approche du régime.

Tirons de la formule (2) quelques conclusions importantes.

Pour obtenir sur chaque plot de résistance R les mêmes chutes d'intensité I, il faut que le dénominateur de l'équation (2) soit constant, ce qui ne peut s'obtenir que si l'exposant de e est constant, il s'ensuit que t doit varier comme R : or, comme les valeurs de R diminuent à chaque plot, il s'ensuit que la manette du rhéostat doit avoir une vitesse croissante, de façon que le temps t sur chaque plot décroisse dans le même rapport que les résistances. Ceci est également applicable aux démarrages en charge et indique que c'est surtout en débutant qu'il importe d'avancer la manette doucement et accélérer vers la fin. Comment doit varier R?

au 1er plot $e = 0$ et $I_d = \frac{U}{R_1}$,

après un temps t, $e_1 = U - R_1 I$,

au 2e plot $I_d = \frac{U - e_1}{R_2} = \frac{U - U + R_1 I}{R_2} = \frac{R_1}{R_2} I$,

après un temps t_2 on a $e_2 = U - R_2 I$,

au 3e plot $I_d = \frac{U - e_2}{R_3} = \frac{U - U + R_2 I}{R_3} = \frac{R_2}{R_3} I$,

d'où l'on tire :

$$\frac{I_d}{I} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2}{R_3} \ldots\ldots = \text{constante},$$

c'est-à-dire que les résistances successives sont dans un rapport constant et par conséquent forment une progression géométrique comme dans le cas de démarrage en charge, mais nous ne resterons sur chaque plot qu'un temps décroissant, dans ce même rapport il nous suffira de calculer T pour le premier plot à l'aide de la formule (1). Si m' est le rapport $\frac{I}{I_d}$ et n' le nombre de plots, le dernier terme de la progression décroissante des valeurs T sera $Tm'^{n'-1}$ et le temps total du démarrage sera la somme des termes de cette progression ; tout se trouve donc déterminé. Appliquons maintenant ces formules à la détermination du rhéostat du moteur déjà considéré.

L'intensité maxima que pourra supporter le moteur de 6 chevaux nominaux sera, ainsi que nous l'avons admis, le double de son intensité de régime, soit 100 ampères sous 110 volts ; quand il aura effectué le démarrage et sera arrivé au régime, il ne développera plus que 1,5 cheval en absorbant 12 ampères, mais comme nous savons que le régime n'est jamais atteint théoriquement, nous forcerons légèrement la vitesse angulaire de régime et ferons tourner le moteur à 1050 t : m. La résistance intérieure du moteur étant 0,2 ohm, il s'ensuit que la force contre-électromotrice e sera de $e = 110 - 12 \cdot 0,2 = 107,6$ à 1050 t : m. La valeur totale de la résistance en circuit au premier plot sera :

$$R = \frac{U}{I_d} = \frac{110}{100} = 1,1 \text{ ohm}.$$

La résistance sur le dernier est celle du moteur, soit 0,2 ohm, le rapport entre ces deux extrêmes $\frac{1,1}{0,2} = 5,5$ est aussi celui des temps à rester sur ces plots. Si nous adoptons 21 plots, la progression géométrique des temps et des résistances est déterminée en représentant le premier terme par 5,5 et le dernier par 1, et une raison m' déduite de $m'^{20} = \frac{1}{5,5}$ ou

$$\log m' = \frac{\log 1 - \log 5,5}{20} = -0,7403627 : 20 = -$$
$$-0,0370181 = \bar{1},9629819$$
$$m' = 0,918,$$

ce qui représente aussi $\frac{I}{I_d}$, d'où $I = 100 \cdot 0,918 = 91,8$ A.

Le temps à rester sur le premier plot sera alors donné par la formule (1) où l'on aura :

$R = 1,1$,

$I_o = 9,2$,

$n = \frac{e}{\omega} = \frac{107,6}{109,9} = 0,9782$,

$K = \frac{C}{I - I''} = \frac{8,05}{100 - 12} = 0,09146$,

$I'' = 12$,

$I = 91,8$,

$I_d = 100$,

on obtiendra :

$$T = \frac{1,1 \cdot 9,2}{0,9782 \cdot 0,09146} 2,3026 \log \frac{100 - 12}{91,8 - 12} = 11,1 \text{ s}.$$

Le temps à rester sur le dernier plot serait $\frac{11}{5,5} = 2$ s et le temps total la somme des termes de la progression :

$$\Sigma t = \frac{11 - (2 \cdot 0,918)}{1 - 0,918} = 113 \text{ secondes}.$$

Le fractionnement du rhéostat se fera en prenant la différence entre les termes de la progression géométrique ayant même raison et qui représente les résistances successives. Soit : 1,1 — 1,01 — 0,93 — 0,86 — 0,785 — 0,72 — 0,66 — 0,605 — 0,555 — 0,51 — 0,47 — 0,43 — 0,395 — 0,36 — 0,33 — 0,305 — 0,28 — 0,257 — 0,237 — 0,218 — 0,2.

La figure 3 donne les intensités en fonction du temps,

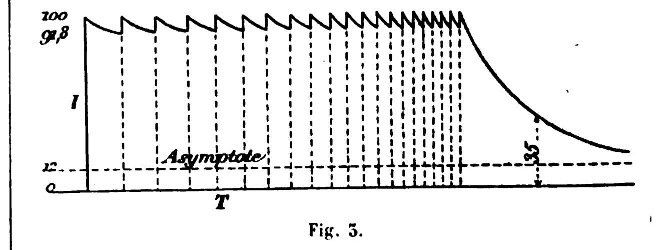


Fig. 3.

ceux-ci formant une progression semblable. Remarquons que le temps de fonctionnement de la manette depuis le plot 1 jusqu'au plot 21 est de $113 - 2 = 111$ s, que la vitesse à l'arrivée sur ce dernier plot est déduite de $e = 110 - 100 \cdot 0,2 = 90$ v, d'où $v = \frac{1050 \cdot 90}{107,6} = 870$ t.

A partir de ce plot l'intensité baisse vers son régime de 12 ampères et 1050 tours. On obtiendra 1000 tours quand la force contre-électromotrice sera $\frac{107,6 \cdot 1000}{1050} = 103$ v, à ce moment l'intensité sera $\frac{110 - 103}{0,2} = 35$ A. Le temps qui s'écoulera pour arriver à 35 ampères à partir du

dernier plot sera donné approximativement par la formule (1)

$$T = \frac{0,2 \cdot 9,2}{0,978^2 \cdot 0,09146} 2,3026 \log \frac{100-12}{35-12} = 27''.$$

Ce dernier chiffre est un peu fort, car pour cette dernière portion de la courbe il y a une certaine variation du champ due au compoundage; mais cela n'est sensible, comme nous l'avons vu, que quand les masses polaires sont loin de la saturation. Le temps total sera de 138'' dont 111 secondes pour la manœuvre du rhéostat, c'est surtout ce dernier temps qu'il importait de connaître exactement. Sans examiner les dispositifs employés pour obtenir automatiquement cette vitesse croissante, indiquons seulement qu'on peut l'obtenir à l'aide d'un dashpot à écoulement croissant ou encore en commandant par le moteur lui-même la manette du rhéostat à l'aide d'un embrayage magnétique, etc.

Il nous reste à examiner le cas un peu plus simple du freinage, nous retrouverons des expressions presque analogues à celles du démarrage.

L'intensité du courant de court-circuit est $I = \frac{e}{R}$, le champ étant dû à l'enroulement dérivation qui ne sera pas coupé, le couple résistant est $C' = K'I$, et si $e = n\omega$ on obtiendra $C' = K\omega$ en faisant $K = \frac{K'\omega}{R}$; mais les frottements F s'ajoutent au couple résistant de sorte que celui-ci sera $C = K\omega + F$. En transportant dans la formule générale $C = I_o \frac{d\omega}{dt}$ cette valeur de C et observant que l'accélération $\frac{d\omega}{dt}$ est négative, on obtient de suite :

$$(K\omega + F)\,dt = -I_o d\omega$$

ou

$$dt = -I_o \frac{d\omega}{K\omega + F}$$

intégrant pour un temps T

$$T = \int -I_o \frac{d\omega}{K\omega + F} = -\frac{I_o}{K} \log_e (K\omega + F) + C,$$

cette valeur s'annule pour $\omega = \omega_o$, vitesse à l'origine, d'où l'on déduit pour la constante d'intégration

$$0 = -\frac{I_o}{K} \log_e (K\omega_o + F) + C.$$

donc

$$C = \frac{I_o}{K} \log_e (K\omega_o + F).$$

L'intégrale est alors :

$$T = \frac{I_o}{K} \log_e (K\omega_o + F) - \log_e (K\omega + F) = \frac{I_o}{K} \log_e \frac{K\omega_o + F}{K\omega + F},$$

s'il n'y avait pas de frottements pour l'arrêt ou $\omega = 0$ on voit qu'il faudrait un temps infini.

A l'arrêt pour $\omega = 0$ on a

$$T = \frac{I_o}{K} \log_e \frac{K\omega_o + F}{F}.$$

Pour appliquer ces formules il convient de remplacer les logarithmes népériens et de faire ressortir R en remplaçant K par sa valeur $\frac{K'n}{R}$, on obtiendra alors :

$$T = \frac{I_o R}{K'n} 2,3026 \log \frac{\frac{K'n}{R}\omega_o + F}{\frac{K'n}{R}\omega + F} \qquad (3)$$

Appliquons au cas précédent. Nous ne pouvons mettre le moteur en court-circuit sans résistance parce que le courant s'élèverait à $\frac{106,7}{0,2} = 533$ A, ce qui est trop élevé mais nous ne prendrons qu'une résistance intermédiaire en tolérant 200 ampères environ soit quatre fois l'intensité normale, ce qui ne serait toutefois pas admissible au démarrage. Dans ces conditions la résistance totale à mettre en circuit est $R = \frac{106,7}{200} = 0,533$ ohm, on a d'ailleurs :

$$K' = 0,09146,$$
$$n = 0,9782,$$

d'où :

$$K'n = 0,089466,$$
$$R = 0,533,$$
$$I_o = 9,2,$$
$$F = 12 \cdot 0,09146 = 1,09.$$

Pour ne pas davantage dépasser 200 ampères quand on passera au deuxième plot, où la résistance est celle de l'induit, soit 0,2 ohm, le potentiel ne devra pas dépasser $e = 200 \cdot 0,2 = 40$ volts, soit une vitesse angulaire de $\frac{109,9 \cdot 40}{106,7} = 40,8$ m:s. Dans ces conditions le temps à rester sur le premier plot sera d'après la formule (3)

$$T = \frac{9,2 \cdot 0,533}{0,089466} 2,3026 \log \frac{(0,168 \cdot 109,9) + 1,09}{(0,168 \cdot 40,8) + 1,09} = 49,26\,\text{s},$$

et le temps depuis le deuxième plot jusqu'à l'arrêt complet (ou $R = 0,2$),

$$T = \frac{9,2 \cdot 0,2}{0,089466} 2,3026 \log \frac{(0,168 \cdot 40,8) + 1,09}{1,09} = 40,8\ \text{s},$$

soit un temps de 90 secondes. Il est bien évident qu'on trouvera expérimentalement des résultats un peu différents, mais nous n'avons pas voulu présenter des solutions rigoureuses qui seraient extrêmement complexes, impossibles même, mais nos formules montrent avec quelle lenteur on doit manœuvrer les rhéostats dans ces cas spéciaux, et elles permettent de prévoir pratiquement

les proportions à donner aux résistances et les conditions que doivent remplir les organes de démarrage et de freinage. ÉMILE DUBOIS.

SUR

LE GLISSEMENT DES MOTEURS ASYNCHRONES

Notre confrère, l'*Electrician* de Londres, publie une intéressante étude du Dr Drysdale, sur les méthodes de mesure du glissement, méthodes au perfectionnement desquelles l'auteur de l'article a grandement contribué. Nous allons en donner d'après lui un exposé rapide.

On peut classer en 4 catégories les méthodes examinées par M. Drysdale : 1° Méthodes procédant par mesure de la vitesse ; 2° Méthodes par réalisation de contacts tournants ; 3° Méthodes par mesure de la fréquence des courants du stator ; 4° Méthodes stroboscopiques.

I. *Méthodes procédant par mesure de la vitesse.* — On peut connaître le glissement quand on connaît la vitesse de l'alternateur ou d'un moteur synchrone, et celle du moteur asynchrone étudié, mais il convient de les mesurer simultanément et de les enregistrer avec précaution. Surtout pour les moteurs puissants et bien étudiés, d'assez bons résultats ont été obtenus par MM. Hartmann et Braun, avec leur indicateur de fréquence, qui comporte deux circuits montés, l'un en dérivation sur la source de courant alternatif, l'autre en série avec une source de courant continu et un contact tournant porté par l'arbre du moteur asynchrone en essai. Ces circuits provoquent la vibration de deux diapasons et l'intervalle de vibration permet d'évaluer la différence des vitesses, ou glissement, avec une approximation de 1 millième si les deux vitesses sont maintenues bien constantes.

II. *Méthodes par réalisation de contacts tournants.* — Deux modes d'emploi principaux en ont été faits : Le premier consiste à interposer dans le circuit d'une batterie et d'un récepteur (téléphone, sonnerie, etc.), deux contacts tournants portés respectivement par l'arbre de l'alternateur et l'arbre du moteur asynchrone.

La fréquence des contacts ou interruptions fait connaître le glissement par l'arbre du moteur asynchrone : si l'alternateur est inaccessible, on peut lui substituer un moteur synchrone alimenté par lui.

La seconde méthode consiste à employer un seul contact entraîné par l'arbre du moteur, et à monter en série avec lui une lampe ou un voltmètre alimenté par l'alternateur.

La méthode à contacts a encore été employée différemment, mais une des plus heureuses modifications en a été faite par la Compagnie Westinghouse : elle s'applique au moyen d'un petit commutateur monté à la manière d'un indicateur de vitesse à main ordinaire, et pouvant être entraîné de la même manière par l'arbre du moteur. Le nombre de segments de ce petit collecteur doit être égal au nombre de pôles du moteur. Sur ces segments frottent deux paires de balais, dont une reliée à l'alternateur à travers une résistance, et l'autre à un ampèremètre polarisé, dont on compte les oscillations.

L'inconvénient principal de cette méthode est de nécessiter, suivant les nombres de pôles des moteurs à essayer, des nombres différents de segments collecteurs.

III. *Méthodes procédant par mesure de la fréquence des courants du rotor.* — Lorsque les rotors sont munis d'anneaux collecteurs pour l'insertion de résistances de démarrage, on peut utiliser ces anneaux pour mesurer la fréquence des courants en faisant appel, de même que précédemment, aux oscillations d'un ampèremètre inséré dans ce circuit. Cet ampèremètre a d'ailleurs l'avantage de donner en même temps que la fréquence l'amplitude du courant de rotor, mais il introduit dans le circuit de ce dernier des éléments (résistance et inductance) qui peuvent en affecter le glissement : cet inconvénient peut n'être pas négligeable malgré une très faible résistance de l'ampèremètre, en raison de la très faible résistance du rotor. La méthode a cependant été employée par plusieurs expérimentateurs, et comme les glissements élevés conduisaient à des oscillations trop nombreuses de l'ampèremètre, les Drs Von Hoor et Rosenberg lui ont substitué un récepteur téléphonique.

M. Drysdale lui a substitué un appareil comportant 3 bobines décalées de 120°, et agissant sur une aiguille aimantée placée au centre. Les bobines étaient simplement montées sur les conducteurs aboutissant aux anneaux du rotor. Au lieu de compter les oscillations d'une aiguille d'ampèremètre, on observe la rotation d'une aiguille autour de son axe. Mais ces méthodes peuvent, ainsi qu'on l'a vu, influencer les conditions de marche d'un moteur, et altérer dans certaines limites la quantité même qu'on se propose de mesurer. Aussi l'auteur leur préfère-t-il la méthode stroboscopique, qui a été employée, par ses prédécesseurs et par lui-même, de diverses manières que nous allons indiquer rapidement.

IV. *Méthodes stroboscopiques.* — La plus simple consiste à monter sur l'arbre du moteur un disque à secteurs alternativement noirs et blancs, le nombre des secteurs de chaque sorte étant égal au nombre des pôles du moteur. Si dès lors on éclaire ce dernier par une lampe à arc alimentée par l'alternateur, le disque paraîtra doué d'un mouvement de rotation lente dont la vitesse mesure précisément le glissement.

Une autre méthode consiste à monter sur l'arbre du moteur un disque dont on a noirci une moitié et à entraîner en face de ce disque un demi-disque noir



commandé par l'arbre d'un alternateur ou d'un moteur synchrone entraîné par lui : il en résulte, pour chaque tour perdu correspondant au glissement, un passage du disque du noir au blanc, pourvu, bien entendu, que le moteur synchrone ait le même nombre de pôles que le moteur asynchrone en essai. La première méthode est due à Benischke, la seconde à Meynier.

Bellini applique heureusement comme suit la méthode stroboscopique; il branche sur l'alternateur, et au voisinage de cette lampe, un aimant permanent dont l'action est de faire vibrer le filament en synchronisme avec le courant d'alimentation du moteur. Il suffit dès lors que celui-ci entraîne un disque à fentes radiales monté sur son arbre, et permettant la vision stroboscopique du filament de lampe.

La méthode stroboscopique est peut-être la meilleure méthode au point de vue de la précision et de la commodité; mais, comme la méthode des contacts, elle conduit à compter des oscillations ou des vitesses angulaires et, comme elle, elle offre les mêmes inconvénients dans le cas d'un glissement élevé. De plus, il importe que les conditions d'essais soient maintenues normales, ce qui n'est pas très facilement réalisable avec une charge au frein.

Il résulte en définitive des expériences de l'auteur que, pour les glissements de 3 à 4 pour 100, rien ne vaut l'emploi d'un simple disque éclairé par un arc alimenté par l'alternateur, et si, par exemple, on compte les tours pour une durée de 1000 $p : n$, où p représente le nombre de paires de pôles du moteur et n la fréquence, ce nombre de tours donne 10 fois la durée du glissement en centièmes. Si, par exemple, on essaie un moteur de 50 périodes par seconde à 4 pôles, on peut compter les tours pendant 40 secondes, et le 1/10 du nombre obtenu représente le glissement en centièmes.

Pour étendre l'emploi de la méthode stroboscopique, M. Drysdale a étudié quelques modifications simples de celle-ci :

Dans la première d'entre elles, il emploie un pignon engrenant avec une roue d'un nombre de dents 5 fois plus élevé. Sur l'arbre du pignon est calé le disque qui porte autant de secteurs noirs qu'il y a de pôles au moteur essayé. Sur l'arbre de la roue dentée est calé un second disque qui présente 5 fois plus de secteurs noirs que le pignon à entraîner par l'arbre du moteur. On mesure le glissement avec le premier disque à la manière ordinaire. Si ce glissement devient trop grand pour être mesuré par le premier disque, on mesure le nombre de tours du second disque et on en déduit de même le glissement, avec la seule différence qu'au lieu d'être directement égal au nombre de tours, il est égal à celui-ci multiplié par 5.

Une autre disposition consiste à employer deux roues dentées dont les nombres de dents sont dans le rapport de 9 à 10, chacune portant un disque correspondant. S'ils tournent en regard l'un de l'autre, le premier disque paraît stationnaire lorsque le glissement est nul. Pour un glissement de 10 pour 100, c'est le second qui paraît fixe, et pour un glissement intermédiaire, leur vitesse relative ou le nombre de tours perdus par l'un ou l'autre donne facilement la valeur du glissement.

L'auteur a poussé encore plus loin les perfectionnements en étudiant un appareil qui peut indiquer directement la valeur du glissement par une simple lecture.

Ainsi que le représente la figure 1, l'organe principal de l'appareil présente la forme d'un tronc de cône, rece-

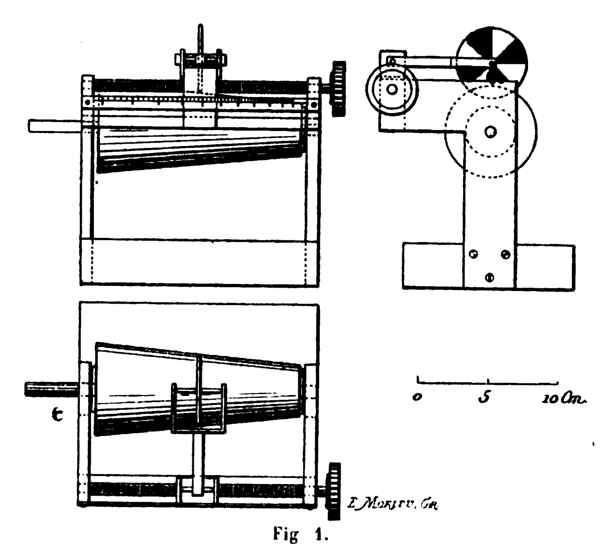


Fig 1.

vant son mouvement du moteur à essayer, et le transmettant à un disque qu'on peut déplacer le long de son axe, de manière à lui donner la vitesse voulue. Pour l'application de la méthode stroboscopique, il suffit d'attacher à ce dernier organe un disque de papier portant des secteurs alternativement noirs et blancs en nombre convenable, c'est-à-dire correspondant au nombre de pôles du moteur. Si, comme dans toutes les méthodes présentes, le disque est soumis à l'éclairage d'une lampe à incandescence ou d'un arc alimenté par l'alternateur, les secteurs paraîtront tourner dans un sens ou dans l'autre, suivant le glissement, et on pourra obtenir la mesure de ce glissement en déplaçant le disque parallèlement à l'arbre du tronc de cône qui l'entraîne, de manière à rendre apparemment immobile l'image des secteurs qui y figurent. On voit sur la figure 1 le mode de montage du disque porte-secteurs, ainsi que son mode d'entraînement par guidage et par vis.

On voit aussi l'échelle graduée qui en indique la position. On peut même la graduer de manière à obtenir directement la lecture du glissement.

Si D est le diamètre du disque, d_1, d_2, les diamètres des cercles qui limitent le tronc de cône, la condition à observer pour pouvoir mesurer des glissements positifs et négatifs est $d < D < d_2$.

Si L est la longueur du tronc de cône;

Ω, la vitesse angulaire synchrone du moteur;

ω, sa vitesse angulaire réelle;

x, la distance du disque à partir de la position de glissement nul.

Le coefficient de glissement γ s'exprime en centièmes, par la formule :

$$\gamma = 100 \frac{(\Omega - \omega)}{\Omega},$$

et

$$x = \frac{Dl}{d_2 - d_1} \cdot \frac{\gamma}{100 - \gamma}.$$

Cette équation donne la valeur des divisions correspondant aux divers glissements positifs et négatifs et permet de graduer l'échelle.

Pour en déterminer le zéro avec précision et en vérifier au besoin l'étalonnage, on peut fixer à l'extrémité du tronc de cône un second disque, muni de fentes radiales. Si le tronc de cône est entraîné à une vitesse quelconque, et si on observe le disque à travers les fentes, sa position de zéro est celle pour laquelle il apparaît stationnaire, et dans toute autre position, le glissement peut être vérifié par simple comptage du nombre de tours du disque pour un nombre de tours donné du tronc de cône, 1000 tours par exemple, qu'on peut déterminer au moyen d'un compteur.

La seule précaution à prendre est de s'assurer, par une bonne construction, que la transmission se fait sans glissement ni déplacement latéral. On se rend facilement compte de l'absence de glissement du disque en fonctionnement normal, en faisant une observation dans ces conditions, et en constatant qu'elle n'est pas altérée par la pression du doigt sur le disque.

Cette observation, maintes fois répétée par l'auteur lui a permis de constater que l'appareil était bien indemne de tout glissement.

Les dimensions de l'appareil construit par M. Drysdale sont les suivantes :

Longueur du tronc de cône	15,5 cm.
Diamètres extrêmes du tronc de cône . . . . 3,8 et	6,8 —
Diamètre du disque.	5,0 —

Cet appareil permet de lire convenablement et à 1/1000e près, des glissements variant de — 20 à + 20 pour 100.

Cette méthode ne présente pas seulement l'avantage d'une lecture directe et facile du glissement, mais elle s'applique à tous les moteurs, puisqu'il suffit de changer le disque à secteurs fixé à l'appareil, suivant le nombre de pôles du moteur en essai. On n'a pas à compter les tours, ni à calculer les vitesses. Enfin, dans un essai en charge, l'opérateur peut facilement suivre les effets des fluctuations de charge et observer le glissement aux moments de plus grande stabilité.

On remarque même que les variations de stabilité sont très nettement accusées, beaucoup mieux qu'elles ne le seraient par un indicateur de vitesse, par exemple. Au point que dans la mesure même de la vitesse du moteur, l'auteur préfère employer cet appareil au lieu d'un indicateur de vitesse, et déduire celle-ci du glissement lu par cet appareil et de la connaissance de la fréquence obtenue par un fréquencemètre Hartmann et Braun. Il emploie également l'appareil avec un diapason ou d'autres dispositifs stroboscopiques pour étudier les variations de vitesse des machines ou les oscillations, et pour étalonner les indicateurs de vitesse.

On ne saurait donner une meilleure idée de la régularité de son fonctionnement, qu'en reproduisant (fig. 2)

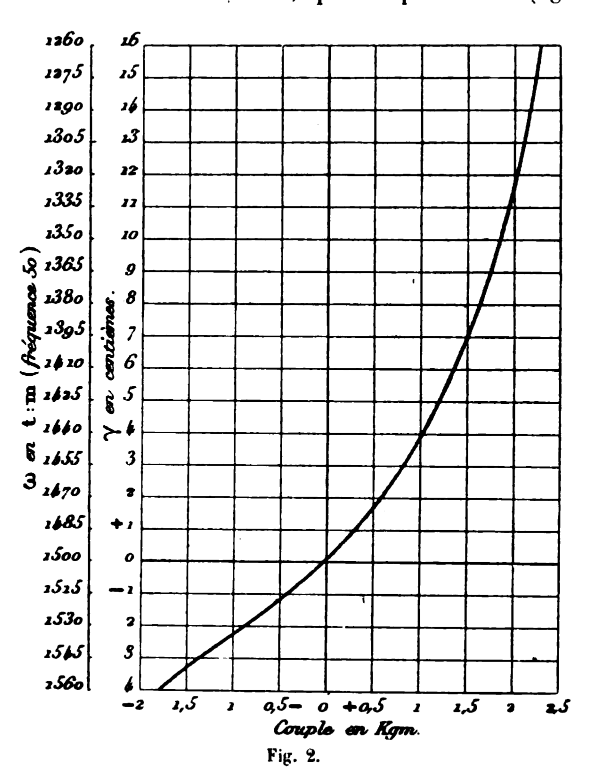


Fig. 2.

la courbe obtenue par un moteur triphasé de 2200 w, tournant à 1500 t:m. Les points d'expérience dessinent nettement la courbe de glissement en fonction du couple, fait d'autant plus remarquable que tous ces points ont été relevés en moins d'une heure, et que la courbe a été tracée sans omission ni répétition d'aucune expérience.

A. B.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

La circulation dans Londres. — La Commission chargée d'étudier le problème de la circulation dans Londres, a récemment reçu une proposition d'un ingénieur. Au lieu de construire de grandes avenues qui seraient très coûteuses, cet ingénieur pense qu'il serait plus simple d'établir à tous les points de croisement des rues principales, un élargissement en forme de rond-point et à partir duquel la circulation des voitures se ferait seulement dans une direction après avoir atteint ce rond-point. Peu importe la direction du trafic, pourvu qu'il ne se fasse que dans une direction, et que les contre-courants ne soient pas tolérés. Cette idée est très simple, et on pourrait l'appliquer très facilement

aux tramways, avec lesquels ce serait beaucoup plus simple qu'avec le système actuel de croisements si compliqué.

Le raffinage électrolytique de l'argent. — M. Betts est l'auteur d'un procédé de raffinage de l'argent brut, contenant encore du bismuth. A cet effet, il emploie l'alliage comme anode dans une cuve électrolytique, dans laquelle l'électrolyte contient un acide monobasique fort et non oxydant à l'état libre. Il en résulte que le bismuth passe en solution, pour être ensuite précipité au moyen du plomb métallique. Puis on enlève l'excès de plomb, et la solution résultante, qui contient seulement l'argent, est enfin électrolysée pour obtenir le métal pur. Dans le premier procédé, un dispositif est installé sur l'appareil pour empêcher les arborescences qui se produisent sur la cathode et qui peuvent se développer à travers le liquide.

Un wagon de chemin de fer en acier de la Brush C°. — Cette Compagnie vient de construire le premier wagon en acier fait en Angleterre, en vue de circuler sur le chemin de fer *Great Northern, Piccadilly and Brompton*. C'est le premier d'une série de 18 qui vient d'être commandée. Il peut contenir 52 voyageurs et est pourvu d'un couloir en son milieu. La charpente est en acier, ainsi que les côtés, le toit et les cloisons du wagon. Les équipements des fenêtres, des portes et des sièges sont en bois ininflammable, ainsi que cela a été adopté partout sur le chemin de fer *Metropolitan and District*. Le wagon est peint en rouge et blanc. En plus de son immunité contre l'incendie, ce véhicule réalise une grande économie de poids par chaque voyageur qu'il porte, ce qui à son tour représente une économie dans le prix de revient de la traction. On estime ce coût à 625 fr par 1000 kg et par an sur les lignes souterraines de Londres, en sorte qu'une économie de 3000 kg par voiture représente une somme de 1000 fr par an d'économie par wagon, somme considérable avec la concurrence qui a lieu à présent.

Emploi de soupapes en acier comprimé pour la vapeur surchauffée et à haute pression. — On a longtemps rejeté la fonte pour les corps de soupapes, sauf dans les machines à vapeur à basse pression. Elle est fragile, cassante, et elle a causé plusieurs accidents. Maintenant on emploie beaucoup l'acier fondu à sa place, mais il peut présenter des soufflures, et souvent il se déforme au moment de la coulée. De plus, ce n'est pas un métal facile à travailler. Avec les hautes pressions maintenant en vogue, et les hautes températures de surchauffage qu'on emploie, on a besoin d'un métal très sûr et solide pour les corps de soupapes, et pour cela il n'y a rien actuellement qui puisse égaler l'acier. Dans cet ordre d'idées, la *Cruse Controllable Superheater C°* a introduit une nouvelle forme de soupape. La soupape et son siège sont en acier au nickel, mais ce métal n'est pas un alliage sûr à la température de la vapeur surchauffée. Les ouvertures sur le siège sont recouvertes par une lame de couverture en acier, et la soupape entière est prévue pour supporter les conditions les plus rigoureuses de pression et de température.

Perfectionnement dans les chauffeurs automatiques. — Le chauffage automatique à chaîne-grille est un assemblage de barres rondes en fonte portées par une série de maillons, ce qui la rend analogue à une transmission à chaîne. La grille à chaîne ainsi constituée se plie en passant au-dessus des rouleaux situés en bout, les chaînons s'entrebaillent, la chaîne devient très ouverte et admet un excès d'air.

Par cette extrémité, s'introduit aussi la cendre et le mâchefer, ce qui peut empêcher la grille de se fermer lorsqu'elle atteint de nouveau la position rectiligne, en sorte qu'elle absorbe une grande puissance sur les axes de roulement. Dans la grille à chaîne de Miller-Bennett, qui est construite par MM. Bennis et Cie, chaque chaînon court est découpé sur l'un de ses côtés; il présente une bosse saillante sur l'autre côté; lorsque cet appareil est monté, les chaînons s'ajustent très bien ensemble, et ils passent autour des rouleaux extrêmes sans causer aucune projection. Aucune ouverture ne reste par où les « mâchefers » peuvent s'interposer, et la chaîne entière a beaucoup moins d'effort à supporter.

Cette grille est munie d'une chambre refroidie par l'eau, et le rouleau extrême situé en arrière est doublé pour réduire l'accès d'air par la grille lorsqu'il n'y a pas de charbon.

La grille-chaîne est idéale, grâce à sa propriété de se nettoyer automatiquement, mais toutes les grilles à chaines brûlent leurs feux à l'extrémité éloignée et admettent aussi un excès d'air. Dans celle que nous venons de décrire, cette difficulté est à peu près surmontée.

Les coussinets à rouleaux. — Parmi les communications intéressantes lues à la dernière réunion de la *British Association* au sud de l'Afrique, il y en avait une sur ce sujet par M. Bayley Marshall. L'auteur, tandis qu'il annonçait que les coussinets à rouleaux devraient être produits à un coût raisonnable, regardait le coût primaire comme secondaire vis à vis de l'économie de force motrice se traduisant par l'économie de charbon ou de courant électrique, et celle due au graissage.

Des expériences récentes sur un arbre de transmission actionné électriquement et équipé de coussinets à rouleaux, ont accusé une économie de 24,4 pour 100 de la puissance nécessaire pour actionner des machines en pleine activité.

Les expériences sans succès d'autrefois faites avec les coussinets à rouleaux furent attribuées à des causes maintenant bien comprises et évitées, telles que la rigidité excessive et l'ajustement maladroit des paliers, qui est maintenant empêché au moyen de coussinets à rotule, en sorte que la charge est également répartie. On a donné des exemples de coussinets à rouleaux appliqués avec succès aux paliers des machines à peser le charbon,

chaque coussinet supportant une charge de 5000 kg et l'appareil comportant 8 rouleaux, on arriva ainsi à réduire la résistance au roulement à 1,36 kg par 1000 kg de charge.

Sur les wagons de chemins de fer et de tramways, une série d'expériences avait aussi montré que l'effort de démarrage était de 1,36 kg par tonne, donnant un coefficient de traction de 0,0015. Cette réduction permettait de réaliser une économie d'énergie électrique égale à 50 pour 100 de la consommation normale pour les frottements, soit de 5 centimes par mille, ou 1250 fr par voiture et par an. Sur les tramways électriques de Birmingham, on avait obtenu une économie de 24,30 pour 100 par tonne de charge et une économie de 1,035 kw-h par voyage, représentant 975 fr par tramway et par an. A Southport, la consommation moyenne d'énergie des wagons qui portaient des coussinets à rouleaux fut de 0,55 kw-h par mille-voiture, avec une vitesse moyenne de 17 km par heure contre 1 kw-h par mille-voiture avec des coussinets ordinaires et une vitesse moyenne de 13 km par heure. Le courant consommé en moyenne avec les coussinets ordinaires fut de 0,797 kw-h par mille-voiture, et avec des coussinets à rouleaux, 0,389, accusant une économie de 0,408 kw-h par mille-voiture, ou une économie de 1700 fr par voiture et par an. Comme expériences sur les chemins de fer, on a fait mention des essais sur le chemin de fer de *London Brighton and South Coast*, où, après un service de 6 ans et 192 000 km, on avait effectué une économie de 12,5 pour 100 dans la consommation de charbon.

Sur le chemin de fer aérien de Liverpool, on avait par ce moyen effectué une économie de 9 pour 100 sur le charbon consommé, et on pouvait employer de plus longs trains.

Les traits principaux sont : la réduction de la résistance à la traction, l'usage plus grand du matériel, un plus grand confort dans l'exploitation, une plus facile manipulation des trains, une rapide accélération de la vitesse et l'accroissement des charges portées par ces coussinets à rouleaux. Comme on le voit, tout cela méritait bien de retenir l'attention des ingénieurs. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 25 septembre 1905.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 2 octobre 1905.

Sur la direction de l'aimantation permanente dans une argile métamorphique de Pontfarein (Cantal). — Note de M. Bernard Brunhes, présentée par M. Mascart. — Nous avons précédemment signalé, M. David et moi, le cas de couches d'argiles métamorphisées et transformées en brique naturelle par des coulées de lave volcanique. Nous avons montré : 1° que la direction de l'aimantation dans un pareil banc d'argile métamorphique est, en général, bien déterminée et différente de la direction actuelle du champ magnétique terrestre au lieu où se trouve le banc; 2° que la direction de l'aimantation permanente est la même dans la brique et dans la roche volcanique, basalte, andésite, etc., qu'a donnée la coulée en refroidissant. Nous pensons que cette direction commune d'aimantation est la direction même du champ terrestre à l'époque de la coulée.

L'étude de nouvelles carrières de brique naturelle m'a toujours confirmé les résultats précédents. Une carrière, particulièrement abondante et se prêtant bien à l'examen des échantillons, m'a donné, en outre, un résultat qui me paraît mériter l'attention.

Elle est située dans la commune de Cezens, arrondissement de Saint-Flour, près du hameau et du pont de Pontfarein, à 1020 m d'altitude moyenne. L'argile a été cuite par une coulée de *basalte des plateaux* qui remonte à l'époque miocène. De nombreux échantillons, prélevés tant sur la brique que sur le basalte qui la surmonte, à des distances atteignant 100 m l'un de l'autre, ont présenté une direction d'aimantation uniforme, *avec le pôle Nord actuel du côté sud et en haut*. L'inclinaison, définie par l'angle que fait avec la verticale dirigée vers le bas la moitié nord de l'aiguille, est donc négative dans la brique de la basalte de Pontfarein. Elle est égale à — 75°. L'interprétation la plus naturelle est que l'inclinaison était négative dans la région à l'époque de la coulée.

C'est là un résultat que des considérations théoriques ont fait regarder jusqu'ici comme peu vraisemblable. On sait qu'au cours de ses beaux travaux sur l'aimantation des poteries étrusques et romaines, Folgheraiter avait conclu que l'inclinaison était négative en Italie 5 ou 6 siècles avant notre ère. Mais il n'avait obtenu que des inclinaisons négatives de quelques degrés; seul un vase du musée de Florence lui avait donné 14°. Il nous paraît que les objections qu'on avait adressées à sa conclusion ne portent plus dans le cas de l'argile de Pontfarein. Ici, la brique est trouvée en place : *si un soulèvement local avait retourné la couche sens dessus dessous, on trouverait la brique au-dessus du basalte et non au-dessous.* On peut difficilement alléguer une perturbation purement locale, qui d'ailleurs aurait disparu aujourd'hui, pour expliquer cette inclinaison négative de 75°, *uniforme sur une couche de plus de 100 m de long*; il ne s'agit certainement pas, en particulier, d'aimantation par la foudre. Il nous paraît donc, jusqu'à plus ample informé, qu'il convient de voir, dans le fait signalé ici, une confirmation du résultat indiqué par Folgheraiter, que l'inclinaison magnétique a pu, dans le passé, être négative en Europe.



Séance du 9 octobre 1905.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 16 octobre 1905.

Sur un phénomène de refroidissement observé dans les fils d'argent plongés dans l'eau et parcourus par des courants électriques. — Note de M. E. Rogovsky, présentée par M. Lippmann. — Au cours de recherches sur la conductibilité extérieure des fils d'argent plongés dans l'eau, décrites dans une note précédente (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1591), j'ai observé le fait remarquable que la résistance des fils plongés dans l'eau diminue d'abord quand le courant électrique qui passe à travers ces fils croît, pour augmenter ensuite; par conséquent la température du fil entre des limites déterminées de l'intensité du courant s'abaisse au lieu de s'élever. Voici quelques exemples :

FIL N° 1 ($d = 0,868$). TEMPÉRATURE DE L'EAU : 15°,9.		FIL N° 2 ($d = 0,420$). TEMPÉRATURE DE L'EAU : 15°,9.		FIL N° 3 ($d = 0,415$). TEMPÉRATURE DE L'EAU : 17°,5.	
INTENSITÉ DU COURANT EN AMPÈRES.	RÉSISTANCE EN OHMS.	INTENSITÉ DU COURANT EN AMPÈRES.	RÉSISTANCE EN OHMS.	INTENSITÉ DU COURANT EN AMPÈRES.	RÉSISTANCE EN OHMS.
0,513	0,01154	0,513	0.01747	0,8134	0,02362
2,634	0,01151	2,634	0,01741	1,4272	0,02354
5,155	0,01153	5.155	0,01746	2,5853	0,02345
				4.2605	0,02362
				8,5197	0,02367

La vitesse du courant d'eau dans lequel étaient plongés les fils nos 1 et 2 fut 37,1, et, pour le fil n° 3, 57,1 cm : s; *d* est le diamètre.

Le coefficient thermique des fils d'argent non chimiquement pur n° 1 et n° 2 étant égal à 0,00267, et du fil d'argent pur n° 3 0,00356, la variation de résistance égale à 0,00001 ohm correspond à une variation de température égale à 0°,3 pour le fil n° 1, 0°,25 pour le fil n° 2, et 0°,15 pour le fil n° 3.

Cette variation de résistance, qui semble singulière, s'explique simplement par ce que la température des fils dépend non seulement de la quantité de chaleur développée dans les derniers par le courant, mais aussi de celle perdue par sa surface latérale, c'est-à-dire de la conductibilité extérieure des fils dans l'eau. La vitesse des courants d'eau, dans lesquels étaient plongés les fils, surpassant la *vitesse critique* de M. Osborne Reynolds, la couche stagnante de dimensions appréciables ne pouvait pas se former, étant enlevée par le courant d'eau tourbillonnaire; mais il est possible qu'un fil qui n'est pas traversé par le courant électrique ou est traversé par des courants très faibles soit entouré par une couche d'eau très mince (moléculaire) adhérente à l'argent et glissant le long du fil, selon les expériences de MM. Helmholtz et Piotrowski (Helmholtz, *Wissenschaftl. Abhandl.*, t. I, p. 172-222).

En désignant par k la conductibilité calorifique intérieure de l'eau, par ε l'épaisseur de la couche d'eau moléculaire adhérente au fil, par t_0 la température de la surface extérieure de cette couche qui est la même que la température de l'eau ambiante, par t' la température de la surface intérieure de cette couche immédiatement adjacente au fil et par q la quantité de chaleur passant par l'unité de surface, nous avons

$$q = k\frac{t' - t_0}{\varepsilon}.$$

L'état stationnaire étant établi, la quantité de chaleur q, traversant la couche d'eau indiquée ci-dessus, est égale à celle développée par le courant dans une partie correspondante du fil. Si l'épaisseur ε de la couche adhérente diminue par l'arrachement des molécules quand q augmente, c'est-à-dire quand le courant électrique croît, t' augmente ou diminue selon la rapidité de la diminution de ε, comme on le voit sur la formule précédente. Dans le cas donné t' diminue et, avec elle, la température t du fil diminue aussi jusqu'à ce que, le courant électrique augmentant, l'épaisseur ε devienne égale à zéro et la température t' égale à la température t_0 de l'eau extérieure. Le plus vraisemblable est que cela se produit lorsque la différence entre la température du fil et celle de l'eau ambiante devient égale à 4°.

A cause de l'échauffement produit par des courants très faibles, avant que la chaleur dégagée par eux devienne suffisante pour arracher la couche d'eau adhérente, la résistance des fils plongés dans les liquides, déterminée à de faibles courants, correspond à une température supérieure à celle des liquides; par conséquent, *pour obtenir les valeurs exactes de la résistance des fils dans un liquide à la température de ce liquide, il faut les extrapoler d'une série d'observations faites à diverses intensités du courant électrique.*

Paratonnerre à cornes dentelées. — Note de M. G.-M. Stanoiévitch, présentée par M. Janssen. — Pour protéger les lignes et réseaux électriques plus ou moins étendus contre les décharges d'électricité atmosphérique, on emploie des paratonnerres dits *à cornes*. Sans entrer dans les détails de leur construction et de leur fonctionnement, nous rappellerons qu'on règle la distance entre les branches ou cornes du paratonnerre d'après la différence de potentiel de la ligne ou des réseaux à protéger. Dans le cas où ces différences de potentiel ne sont pas très grandes, la distance des branches dans leurs parties les plus rapprochées n'est pas grande non plus et il arrive que les gouttes de pluie ou autres corps étrangers, passant entre les deux branches dans la partie la plus rapprochée, établissent une communication entre elles et, par conséquent, un court-circuit.

Puisqu'il s'agit ici de protéger les lignes électriques contre les décharges d'électricité statique, il est évident que le fonctionnement des paratonnerres serait plus efficace et plus sûr si l'on employait dans la construction des cornes l'effet bien connu des pointes, en multipliant en même temps les branches ou cornes d'une façon plus ou moins simple et pratique. Au lieu d'employer pour les cornes une paire de tiges de section plus ou moins arrondie comme on le fait à présent, il est préférable de remplacer les tiges par des surfaces étroites repliées en zig-zag ou dentelées en dents aiguës, de sorte qu'entre les deux branches dentelées puisse s'éta-

blir l'action des pointes. De cette façon, l'action du paratonnerre devient non seulement plus sensible et plus régulière; mais, la décharge d'électricité atmosphérique entre les dents pointues étant plus facile, on pourra écarter davantage les branches dans leurs parties les plus rapprochées, même dans le cas des courants des tensions par trop élevées et rendre impossible la communication de deux branches par des gouttes de pluie ou autres corps étrangers. D'autre part, dans le cas de pluie, les gouttes ne pourront pas descendre suivant les sommets des dents; mais, au contraire, elles descendront suivant les cavités qui restent entre les dents et ne pourront en aucun cas produire des courts-circuits dans la ligne.

L'action des pointes ou des dents étant la plus efficace et la plus nécessaire dans la partie la plus rapprochée des cornes, c'est-à-dire dans leurs bases, on pourrait, dans les parties plus éloignées, restreindre soit le nombre, soit la longueur des dents, de façon que chaque corne soit terminée en pointe et, vue de face, se présente sous la forme d'un triangle très allongé et convexe.

CONGRÈS INTERNATIONAL

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DE LA MÉCANIQUE ET DE LA GÉOLOGIE APPLIQUÉES

(Liège, 25 *juin*-1er *juillet* 1905.)

(*Suite et fin*[1].)

SECTION DE MÉTALLURGIE

Procédé de chauffe et de travail des métaux par l'électricité, par Paul Hoho, ingénieur des Arts et Manufactures, du Génie civil et des Mines.

Le procédé de chauffe et de travail électriques des métaux, dont je me propose de vous entretenir et qui fit son apparition il y a une douzaine d'années, présente cette caractéristique, frappante et presque paradoxale, que les métaux sont chauffés, portés aux températures du rouge, du blanc et de fusion, au contact avec l'eau, par l'action du courant électrique opérant dans des conditions déterminées.

Il m'a été demandé très souvent pour quelles raisons ce procédé, qui fit naître les plus belles espérances, n'avait pas répondu à celles-ci, en ce sens qu'il ne se soit pas développé jusqu'ici dans l'industrie, pas plus du reste que les autres procédés électriques.

Est-ce à dire qu'il est condamné à rester stérile dans ses applications industrielles? C'est précisément le contraire que je veux démontrer en quelques mots par la présente communication.

Le procédé étant connu, je me borne à rappeler brièvement ses propriétés essentielles.

1° L'énergie électrique y est appliquée sous forme de courant continu d'une tension de 100 à 250 volts, ce qui constitue la forme sous laquelle elle se trouve le plus souvent dans l'industrie pour ses applications en général.

2° Grâce à cette force électromotrice, élevée relativement à celle des autres systèmes de chauffe électrique, et à son intensité relativement faible, le procédé permet de convertir la presque intégralité de l'énergie électrique du courant en chaleur sur une surface donnée du métal à chauffer.

3° L'application d'isolants appropriés permet de localiser l'action calorifique du courant à des portions voulues et nettement déterminées de la surface du métal en contact avec le liquide.

4° En variant la force électromotrice, on varie et on règle la quantité de chaleur dégagée par seconde sur une surface donnée, réglant ainsi d'une part la température atteinte et la vitesse de chauffe, permettant également d'atteindre des températures excessivement élevées dans un temps extrêmement court.

5° Ces propriétés réunies, permettent de chauffer, pour une opération métallurgique quelconque, précisément et exclusivement la portion voulue de métal, dans un minimum de temps, réalisant ainsi un rendement maximum.

6° Lorsque le métal communique avec le pôle négatif, l'action électrolytique du courant fait déposer sur ce métal les éléments positifs de l'électrolyte, c'est-à-dire en tout premier lieu l'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau. De fait le métal se trouve chauffé au contact d'une couche d'hydrogène, qui, aux hautes températures qui y règnent, protège ce métal contre toute oxydation, et, mieux que cela, le désoxyde s'il était oxydé d'avance. L'importance de cette propriété saute aux yeux, notamment pour les soudures de certains aciers difficilement soudables.

7° La rapidité de la chauffe d'une part, et la localisation de la chaleur d'autre part, qu'on peut ainsi obtenir, et qui de fait ne peuvent être obtenues par aucun autre procédé, donnent lieu à des applications spéciales et nouvelles, irréalisables de n'importe quelle autre manière, par exemple la trempe superficielle de l'acier.

Nous y reviendrons ultérieurement.

Ce sont donc ces propriétés qui firent naître les plus belles espérances pour l'avenir du procédé. Mais une analogie frappante s'impose ici et fera immédiatement comprendre la situation. Il y a plus d'un siècle que le gaz est appliqué industriellement comme éclairage, tandis qu'il n'y a pas un demi-siècle qu'il est appliqué pour le chauffage des fours, et ses applications au chauffage des appartements ne datent guère que des dix ou vingt dernières années.

La même chose se présentera exactement pour l'électricité, dans le même ordre et pour les mêmes raisons, parmi lesquelles la question du prix de l'énergie électrique joue le rôle capital.

Dans la métallurgie, comme dans toutes les industries, le prix de revient des opérations joue un rôle capital. Il convient donc de comparer, en tout premier lieu, les prix des calories fournies par le charbon et par le gaz, à celui de la calorie fournie par l'énergie électrique. Un petit calcul nous édifiera rapidement.

1 kg de charbon, dégage par sa combustion 8000 calories, soit $8000 \cdot 425 = 3\,400\,000$ kgm.

Par contre lorsque ces calories ont été converties en énergie électrique, par l'intermédiaire de la chaudière, de la machine à vapeur et de la dynamo, nous n'obtenons guère qu'une énergie électrique de plus ou moins 1 cheval-heure, soit 736 watt-heures, en admettant que l'ensemble des susdites chaudière, machine à vapeur et dynamo donnent un rendement total pratiquement déjà supérieur à la moyenne. Or, 736 watts-heure $= 736 \cdot 3600$ w-seconde $= 2\,649\,600$ w-s $= \frac{2\,649\,600}{9{,}8} = 270\,300$ kgm.

C'est-à-dire que l'énergie électrique obtenue par la voie ordinaire au moyen du charbon, n'atteint que plus ou moins 8 pour 100 de l'énergie primitive du charbon.

A cette première cause de la cherté de l'énergie électrique s'ajoutent tous les autres frais qui accompagnent la transformation de l'énergie latente du charbon en énergie électrique,

---

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, n° 330, du 25 septembre 1905, p. 426; et n° 331, du 10 octobre 1905, p. 451.

les frais d'intérêts et d'amortissement des installations, d'entretien de celles-ci, du personnel, etc. Le résultat final en est que l'énergie électrique est excessivement chère, et en admettant même le prix très réduit de 5 centimes le kilowatt-heure, soit 5 centimes par 1000 watts-heure, ou 3 600 000 watts-seconde, ou $\frac{3\,600\,000}{9,8} = 367\,300$ kgm $= \frac{367\,300}{425} = 866$ calories, l'énergie thermique, fournie aux bornes de la dynamo, par le courant électrique reviendrait à $\frac{0,05}{866} = 0,000\,058$ fr par calorie. Par contre la même énergie fournie par le charbon, en admettant le prix de la tonne de charbon à 16 fr. revient à $\frac{8000 \,.\, 1000}{16} = 0\,000\,002$ fr. C'est-à-dire que la calorie, fournie aux bornes de la dynamo, revient à $\frac{0\,000\,002}{0\,000\,058} = 29$ fois plus chère que la calorie fournie par le charbon, calculé au prix de 16 fr la tonne et en admettant le prix de revient de l'énergie électrique à 5 centimes le kilowatt-heure.

Ces chiffres n'ont évidemment pas de valeur absolue, puisqu'ils dépendent des prix du charbon et de l'énergie électrique, qui sont essentiellement variables dans de très vastes limites.

En effet le prix de la tonne du charbon varie depuis une douzaine de francs, dans notre pays, jusqu'à 30 et 40 fr dans d'autres pays, et même plus.

De même le prix de revient de l'énergie électrique est variable dans de plus grandes limites encore.

Les stations centrales d'électricité fournissent l'énergie électrique pour les usages du jour aux prix de 10 à 40 centimes par kw-h.

Mais quel que soit le mode de production de l'énergie électrique, que celle-ci soit fournie par l'énergie latente du charbon ou des gaz, par les chutes d'eau, ou par tous autres moyens, le prix de 5 centimes le kilowatt-heure constitue en ce moment un prix exceptionnel, et la proportion entre le prix de la calorie fournie directement par le charbon, et celui de la calorie fournie par l'énergie électrique reste énorme en faveur du charbon.

On arrive à une conclusion semblable lorsqu'on compare le prix de la calorie par l'énergie électrique à celui de la calorie fournie par le gaz.

La lutte de l'électricité contre le charbon et le gaz devient donc excessivement difficile, au point de vue du prix, et les chiffres sont tels qu'à première vue cette lutte semble impossible. Mais le courant électrique possède des propriétés spéciales et des qualités qui lui permettent, tout au moins dans beaucoup de cas, de regagner tout le terrain perdu par son prix excessif.

En tout premier lieu l'énergie électrique se transforme, par le procédé en question, en chaleur à l'endroit voulu avec un rendement maximum, énorme vis-à-vis de ceux de ses concurrents, si l'on tient compte des masses qu'on veut chauffer, et déduction faite de tous les corps qui sont chauffés inutilement.

Un petit calcul nous fixera encore à ce sujet.

Déterminons pour une opération quelconque, qui nécessite la chauffe de métal, quel est le poids exact du métal à chauffer, la température à réaliser et le nombre de calories à fournir, c'est-à-dire la quantité de chaleur à fournir théoriquement. Calculons ensuite l'énergie à dépenser réellement lorsque, pour cette opération métallurgique, on chauffe le métal, soit directement au moyen du charbon soit au moyen du gaz. Par la comparaison des chiffres, nous obtiendrons le rendement réel. Il est de fait que pour la chauffe au charbon ou au gaz ce rendement réel est désespérément faible, n'atteignant très souvent qu'une faible fraction de 1 pour 100.

A ce il y a trois causes :

1° Pour chauffer la faible partie de métal qui doit l'être effectivement, on chauffe de fait des masses de métal beaucoup plus grandes.

2° Pour chauffer ce métal, le charbon et le gaz chauffent tous les corps qui l'enveloppent, four, cheminée, air ambiant, qui absorbent la majeure partie de son calorique.

3° Pour chauffer une ou des pièces de métal dans un four, celui-ci est allumé avant et après la chauffe utile.

Toutes ces causes créent des pertes de calorique énormes, et entraînent comme résultat final des rendements infimes qui dépendent, du reste, des cas.

Par contre notre procédé permet d'atteindre des rendements appréciables, incomparablement supérieurs à ceux des autres procédés, et ce précisément à cause des deux propriétés suivantes :

1° La localisation de l'action calorifique à la masse de métal voulue.

2° Sa rapidité, qui permet de réduire au minimum les pertes par conductibilité et par rayonnement thermiques.

Le rendement dépend évidemment des cas et de la rapidité de la chauffe, mais pour certaines opérations nous avons pu atteindre un rendement réel, calculé comme ci-dessus, atteignant jusqu'à 30 pour 100.

Ce chiffre est exceptionnel, mais il prouve jusqu'où peut être poussée la perfection du système comparé aux autres.

La proportion entre ces rendements, obtenus par notre procédé et par les procédés courants, est à son tour excessivement variable, et dépend d'abord de la nature des opérations métallurgiques pour lesquelles on doit chauffer le métal.

Elle dépend surtout de la nature des fours et, notamment, des fours à gaz, qu'on peut appliquer dans la grande industrie.

Mais, en tous cas, le procédé électrique donnera un rendement dépassant dans des proportions énormes le rendement des autres procédés.

Dans certains cas, il peut être des centaines de fois plus grand et ce, notamment, lorsqu'il s'agit de chauffer des petites pièces dans des fours ordinaires où il n'y a pas de chauffe continue. Dans d'autres cas cette proportion sera beaucoup moindre et ce, notamment lorsqu'il s'agit d'opérations métallurgiques dans la grande industrie, sur des grosses pièces chauffées dans des fours perfectionnés, à chauffe continue.

De ce qui précède, il résulte que, dans les grandes opérations courantes de la métallurgie, le procédé électrique dont il est question, pas plus que les autres procédés électriques, ne peut concourir, au prix actuel de l'énergie électrique dans les pays où le charbon est à bon marché, comme dans notre pays. Mais il pourra trouver des applications dans les trois catégories de circonstances suivantes :

1° D'abord, pour les petites opérations métallurgiques, lorsqu'on ne se trouve pas dans les conditions voulues pour installer des fours perfectionnés et qu'on dispose du courant électrique à un prix relativement faible.

2° Pour les opérations de la métallurgie en général, dans les pays où le charbon est cher et l'énergie électrique relativement à bon marché. Faisons remarquer que la cherté du charbon n'entraîne pas nécessairement la cherté de l'énergie électrique.

3° Au fur et à mesure que l'emploi de l'électricité se propagera dans les petits ateliers, pour l'éclairage, pour la force motrice ou pour tout autre usage et au fur et à mesure que le procédé en question sera connu, il y trouvera son application, de par la force des choses; on y installera volontiers un petit bac rempli d'eau, remplaçant le four à charbon encombrant, désagréable à tous les points de vue et anti-hygiénique.

Voilà la situation pour le moment. Mais le coût de l'énergie électrique diminue d'année en année; il a déjà diminué de beaucoup et diminuera encore. Nous n'escomptons pas la possibilité d'une invention qui transformerait l'énergie calorifique, qu'elle se présente sous forme latente dans le charbon, dans le gaz ou sous n'importe quelle autre forme, en énergie

électrique d'une manière moins coûteuse que par la voie actuelle des chaudières, machines à vapeur et dynamos. Lorsque ce problème, auquel tant de savants et de chercheurs sont attachés obstinément, sera résolu, les choses changeront du tout au tout; ce jour-là le four électrique s'imposera dans toutes les industries métallurgiques.

Mais, laissant de côté l'éventualité de cette découverte, il est un fait acquis, que le prix de l'énergie électrique diminue tous les jours, et chaque diminution élargira le cercle de ses applications à la chauffe et au travail des métaux. Il ne faut pas perdre de vue que, lorsqu'on utilise, pour la chauffe, des installations électriques déjà existantes pour d'autres applications, ce fait diminue par lui-même le prix du kilowatt-heure supplémentaire pris par la chauffe.

Telle est la situation pour les opérations métallurgiques courantes, celles notamment où domine la question du prix. Mais j'ai indiqué plus haut certaines qualités spéciales du procédé électrique qui peuvent donner à celui-ci, dans certaines circonstances une valeur spéciale et même réaliser des applications inconnues jusqu'à ce jour.

Dans le premier ordre d'idées je rappelle que le métal est chauffé dans une couche d'hydrogène, c'est-à-dire dans un milieu réducteur, qui favorise tout spécialement certaines opérations, notamment la soudure, et permet même de souder les aciers qui sont difficilement soudables par tous les autres procédés. Je ne m'y arrête pas pour le moment.

Dans le second ordre d'idées, nous trouvons des applications spéciales et nouvelles qui résultent soit de la localisation, soit de l'intensité et de la rapidité de la chauffe, soit de ces deux propriétés réunies. Une première application, dont je parlais déjà ci-dessus, celle de la trempe superficielle des aciers, semble devoir attirer toute l'attention.

Supposons une pièce d'acier chauffée par le procédé en question, dans un liquide. La quantité de chaleur dégagée par centimètre carré de la surface de contact du métal avec le liquide peut être réglée à volonté, et par le fait même la rapidité de la chauffe peut l'être également. Ce dégagement de chaleur peut être réglé de telle sorte que l'acier se trouve porté au rouge, ou plutôt à la température voulue pour la trempe, sur une certaine épaisseur à partir de la surface, avant que la chaleur n'ait eu le temps de pénétrer à l'intérieur de la pièce, qui est donc encore froide à ce moment-là.

Si, à ce moment, nous coupons le courant électrique, la pièce se trouve brusquement dans l'eau froide, c'est-à-dire est trempée, bien entendu dans ses parties qui étaient portées à la température voulue pour la trempe, tandis qu'elle n'est pas trempée et reste fibreuse dans la partie qui n'était pas chauffée. La pièce est trempée superficiellement sur une certaine profondeur, tandis que l'intérieur restera fibreux. L'épaisseur de cette couche superficielle portée à la température de la trempe, dépend évidemment de l'intensité de la chauffe, qui est réglable à volonté, et du temps de la chauffe; c'est-à-dire que l'épaisseur de la couche trempée peut être réglée à volonté.

On peut du reste donner à l'eau la composition voulue qui convient à la trempe.

Cette trempe superficielle, qu'il ne faut pas confondre avec la cémentation, était inconnue jusqu'à ce jour et ne peut être obtenue par aucun autre procédé. Son importance, par exemple pour les rails des chemins de fer, pour les axes, pour les essieux, pour les surfaces intérieures des canons, etc., semble considérable.

Présentée ainsi, l'exécution de cette opération offre, à première vue, une difficulté qui semble pratiquement insurmontable, résidant dans la grandeur relativement considérable de ces pièces, en ce sens que la trempe de celles-ci en une seule fois demanderait un courant d'une puissance excessive. Mais cette difficulté est radicalement vaincue et n'existe plus par l'application d'un dispositif très simple, qui permet de localiser, en un moment donné, le dégagement de chaleur sur une partie déterminée du métal dans l'eau, au moyen d'isolants appropriés. Ce dispositif consiste dans l'application de deux écrans isolants, qui limitent l'action de la chauffe à une surface nettement déterminée de la pièce, et, voyageant par exemple sur un rail d'un bout à l'autre, exposent successivement toutes les parties déterminées d'avance du rail à l'action calorifique du courant pendant le temps voulu, pour les soustraire à cette action immédiatement après et les laisser refroidir dans l'eau même du bassin. De fait, on peut ainsi tremper superficiellement, à la profondeur voulue, le bourrelet du rail, tout en laissant le restant de la surface et tout l'intérieur à l'état fibreux.

La surface, ainsi chauffée à un moment donné, est réduite à telles dimensions qui conviennent, ce qui permet de réaliser cette trempe avec un courant d'une puissance voulue, qui peut être pratiquement réduite à de très faibles proportions, et de fait à quelques dizaines de kilowatts. Il est évident que le temps que prendra la trempe du rail entier sera inversement proportionnel à cette puissance, mais il n'excédera jamais quelques minutes.

Le même dispositif, appliqué à des essieux, permet de limiter la trempe superficielle aux parties frottantes de ceux-ci, et d'autre part, à la surface intérieure des canons.

J'attire l'attention sur ces applications nouvelles. Une petite installation de ce genre fonctionne à titre de démonstration à l'Exposition de Liège, où la chauffe et la trempe, successives et superficielles, des métaux sont présentées pour la première fois en public.

BIBLIOGRAPHIE

Construction des induits à courant continu, par Brunswick et Aliamet. — *Encyclopédie des Aide-mémoire.* — *Gauthiers-Villars* et *Masson et Cie*, éditeurs. Paris, 1905. — Format habituel : 195 × 120 mm, 157 pages. — Prix : 2,50.

Comme nous le disions récemment ailleurs, le besoin de produire et de communiquer aux autres ce que l'on possède n'a plus de limites, et nous sommes loin de nous en plaindre. Alors que, il y a encore peu d'années, des questions d'intérêt commercial étroit et plus ou moins bien compris laissaient à peine se produire dans des périodiques spéciaux quelques timides divulgations des détails de construction des machines dynamos et autres appareils électriques, ces détails s'étalent aujourd'hui au grand jour et mettent le premier venu à même d'établir lui-même la machine de ses rêves. Il y a à cette expansion, indépendamment du sentiment relevé plus haut, une autre raison plus sérieuse et réconfortante, c'est l'état plus avancé de nos connaissances qui permet actuellement de réunir en un corps de doctrine raisonnée tout ce qui auparavant n'était guère qu'un amas un peu informe de procédés empiriques mal définis, dont chacun était d'autant plus jaloux que, ignorant lui-même du pourquoi et du comment, il jugeait son concurrent à l'avenant et avait naturellement à cœur de ne pas contribuer au développement de son éducation.

Tout cela est aujourd'hui changé et la création de nombreux centres d'instruction électrotechnique de tous ordres et degrés n'a pas peu contribué à ce changement de front. La nécessité, pour les professeurs de tant de cours ou conférenciers, d'instruire leurs élèves les a obligés à se rendre compte par eux-mêmes de ce qui était resté jusqu'alors l'apanage conscient mais peu éclairé des constructeurs; de là les ouvrages ou parties d'ouvrages pratico-scientifiques des Arnold, des Thompson, etc. A plus forte raison en est-il ainsi quand l'enseignement passe de mains essentiellement savantes et doctrinales dans celles de techniciens émérites qui, aux connaissances de l'ingénieur, joignent la longue expérience des ateliers. Tel est le cas de l'heureuse, amicale et double personnalité à laquelle est dû, après les « Enroulements d'induits [1] », et avant une série d'autres publications analogues, ce nouveau volume de l'Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire, qui sera apprécié au moins autant que son aîné.

Manuel du bobinier (bobineur eût été plus correct), tel est le sous-titre de la publication; il en indique le véritable objet, et tous les autres titres exigeront ultérieurement, pour la clarté, un remaniement complet. Les « Enroulements d'induits », dont le « Manuel du bobinier » n'est que la suite naturelle, font en effet partie de la « Construction des induits », tout comme l'étude de leurs éléments mécaniques, etc., qui paraissent devoir suivre. Quoi qu'il en soit, c'est la première fois qu'est produit un livre uniquement consacré à cette question d'exécution matérielle du bobinage des induits, et notamment du bobinage en anneau, avec tout l'appareillage et les tours de main qu'il comporte et que font si bien comprendre quelques modestes et petites figures schématiques complétées par de précieux tableaux indicateurs de la conduite raisonnée des fils.

Fidèle élève et admirateur d'Arnold, l'un des auteurs a doublé son maître de ses propres connaissances d'atelier et développé ou complété son œuvre grâce à l'esprit clair, réfléchi et méthodique de son collaborateur qui en a particulièrement réglé et soigné la mise en scène.

Très bien, jeunes gens! Vous travaillez comme des nègres..., continuez! et, sans que vous ayez besoin de nos encouragements, nous attendons la suite de votre entreprise, les mains tendues pour y applaudir encore.

E. Boistel.

Annuaire du Syndicat professionnel des industries électriques, année 1905. — *Vve Ch. Dunod*, éditeur, Paris. — Format : 22 × 14 cm; 400 pages. — Prix du volume cartonné : 7,50 fr.

Ce journal n'étant pas un journal de réclame, l'éditeur nous pardonnera de ne pas entrer dans l'analyse de ce pseudo-annuaire, œuvre d'un fantoche inconscient et incohérent, *ad majorem sui gloriam*, et dont, heureusement, aucune des élucubrations n'a jamais résisté à la discussion, si intéressée qu'elle fût, de ses compères.

E. Boistel.

La Force motrice de demain : Les Piles à gaz et les Accumulateurs légers, par A. Berthier. — *Desforges*, éditeur. — Deux volumes, format : 19 × 13 cm, de 115 et 156 pages respectivement. — Prix respectifs : 1,75 et 2,50 séparément; ensemble : 4 fr.

« La force motrice de demain! » Ce titre pompeux, émanant évidemment d'un auteur convaincu ou connaissant son public, me rappelle involontairement mais avec obsession la fameuse enseigne du barbier : « Demain on rase pour rien ». — Nul ne sachant cependant ce que nous réserve l'avenir et un malheur est si vite arrivé, il est bon d'entrer plus avant dans l'esprit de ces deux petits volumes. Ils ont tout d'abord le mérite d'un titre qui, dans la crise d'*automobilomanie* furieuse que nous traversons et étant données les prétentions scientifiques qu'elle éveille dans un certain milieu, suffira à les faire vendre; et, comme c'est, en somme, le véritable objectif de l'auteur et de l'éditeur, auxquels nous ne voulons que du bien, nous les en félicitons.

« La force motrice de demain ! Accumulateurs légers ! » En faut-il davantage pour séduire les intelligents et savants adeptes de l'automobilisme quand même?

Ces deux volumes ne sont d'ailleurs, comme ils l'annoncent eux-mêmes, que les deux parties d'un même ouvrage, dont la pagination pourrait se suivre, comme la numération des chapitres, de l'une à l'autre, et qui sont consacrées : l'une aux « Piles à gaz et Accumulateurs légers au plomb et mixtes »; l'autre aux « Accumulateurs légers sans plomb et Accumulateurs alcalins ». La première partie ne comprend que deux chapitres correspondant aux deux divisions ci-dessus, dont une cinquantaine de pages seulement pour les piles à gaz. Elle contient la description d'une infinité de types d'accumulateurs plus ou moins anciens, dont la nomenclature seule sous forme de table par ordre alphabétique de dénomination eût été intéressante à tous égards et surtout au point de vue des recherches. Il est regrettable qu'elle n'y figure pas, ce qui oblige à feuilleter tout le livre pour y trouver... ou non... ce que l'on cherche. — La seconde partie, dans les trois chapitres suivants (III à V), renferme ce qu'elle annonce, la description des accumulateurs légers sans plomb, classés du moins par nature de métal constituant, puis les accumulateurs alcalins, parmi lesquels, naturellement, le Jungner-Edison, avec une conclusion; et enfin un chapitre sur le grand objectif : les accumulateurs légers et l'automobilisme. Quant à la table alphabétique ou même simplement un peu plus analytique, elle fait ici également défaut. — Nous signalons ces lacunes en vue de la prochaine édition qui, en l'état d'âme moderne, ne se fera certainement pas attendre longtemps.

E. Boistel.

---

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, 1904, n° 310, p. 553.



Leçons d'électrotechnique générale, t. II, par P. Janet. — *Gauthier-Villars*, éditeur. Paris, 1905. — Format : 25 × 16 cm; 309 pages. — Prix : 11 fr.

M. Janet se fait désirer. Ce n'est pas chez lui un talent; c'est un mérite, et, si le désir d'une chose espérée constitue déjà la moitié du plaisir qu'elle est appelée à procurer, son œuvre, une fois complétée, aura eu au moins deux moitiés. C'est peut-être beaucoup, d'un certain point de vue; mais ce n'est pas trop à d'autres égards.

La préface du premier volume de cette seconde édition nous annonçait bien en effet, la division de l'ouvrage en deux parties relatives, l'une aux courants continus, l'autre aux courants alternatifs, ce que le prospectus éditorial traduisait par l'annonce de deux volumes, dont celui-ci, impatiemment attendu et mis en vente depuis trois mois, n'est livré qu'aujourd'hui à la bibliographie; et voici maintenant que, sur le prospectus qui l'accompagne, on nous fait part de la prochaine apparition d'un troisième volume non attendu et qui se fait, à son tour, désirer. Celui-ci sera-t-il le dernier? Rien ne nous le dit encore. Et que contiendra-t-il? Si l'arche sainte est muette encore sur ce point, il n'est pas difficile de lui supposer pour objet l'étude si délicate, intéressante et multiple des alternomoteurs dont il n'est pas question dans le tome second. Mais « n'anticipons pas sur les événements », désirons une fois de plus et attendons patiemment.

Quant à ce second volume de *Dynamotechnique* générale, il comporte dans ses huit chapitres les Courants alternatifs sinusoïdaux et non sinusoïdaux, les Alternateurs et les Transformateurs. Est-il besoin d'ajouter qu'il étudie exclusivement, comme prétend l'indiquer le titre général de l'ouvrage et comme le fait le premier volume pour les courants continus, la physiologie des machines, leurs propriétés essentielles et les circonstances industrielles de leur fonctionnement, abstraction faite de la réalisation pratique desdits appareils, de leurs formes particulières et, par suite, de toute description matérielle, qu'on trouve surabondamment dans d'autres ouvrages.

Si nous ajoutons que cette exposition est faite avec toute la maëstria académique familière à l'éminent professeur, nous lui aurons rendu un juste quoique banal hommage; mais nous ne saurions passer sous silence l'un des caractères les plus précieux de ses publications; nous voulons parler des consciencieuses et très complètes références bibliographiques qui terminent chacune des grandes divisions de ses ouvrages. Il y a là, en dehors du sentiment élevé qui rend à chacun ce qui lui appartient, un intérêt vraiment professoral pour les auditeurs ou lecteurs de ses Leçons ainsi mis à même de puiser directement aux sources les éléments d'un travail plus approfondi des matières nécessairement condensées dans un cours. — Signalons également une très heureuse *tendance* de l'auteur, comme de l'éditeur, vers une unification raisonnée et si désirable des notations et expressions.

E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

351 884. — **Gardiner.** — *Nouvel accumulateur* (28 février 1905).

351 885. — **Gardiner.** — *Dispositif d'attache renforcée des conducteurs externes aux électrodes d'accumulateurs* (28 février 1905).

351 886. — **Gardiner.** — *Éléments pour batteries électriques* (28 février 1905).

351 887. — **Gardiner.** — *Batterie secondaire* (28 février 1905).

351 895. — **Siemens Schuckert Werke G.** — *Machine électrique avec disposition refroidissante* (28 février 1905).

351 900. — **Allgemeine Elektricitäts G.** — *Moteur à courants alternatifs simples* (28 février 1905).

351 922. — **Tudor.** — *Support élastique pour batteries d'accumulateurs* (1er mars 1905).

351 719. — **Société Granoux et Cie.** — *Nouvel interrupteur de courant* (24 février 1905).

351 768. — **Wilhelmi.** — *Protecteur pour câbles électriques* (18 février 1905).

352 004. — **Geyerman.** — *Téléphone* (2 mars 1905).

352 048. — **The Direct Line General Telephone Co.** — *Circuits métalliques pour transmissions téléphoniques* (4 mars 1905).

352 133. — **Majorana.** — *Microphone électro-hydrodynamique* (6 mars 1905).

352 154. — **Lundquist.** — *Bureau central téléphonique* (7 mars 1905).

351 992. — **Gardiner.** — *Batterie secondaire* (28 février 1905).

352 033. — **Wommelsdorf.** — *Machine électrostatique* (4 mars 1905).

352 040. — **Frolich et Farkac.** — *Dynamo électrique* (4 mars 1905).

352 077. — **Schmeltz.** — *Procédé de chargement de générateur d'électricité* (4 janvier 1905).

352 129. — **Compagnie générale d'électricité de Creil.** — *Système d'enroulement pour transformateurs et bobines à courant triphasé* (6 mars 1905).

351 996. — **Pape et Boyer.** — *Dispositif électro-magnétique* (2 mars 1905).

352 034. — **Siemens Schuckert Werke G.** — *Système pour équilibrer les variations du chargement de machines motrices quelconques* (4 mars 1905).

352 101. — **Arcioni.** — *Amortisseur à air pour instruments de mesure électriques* (15 février 1905).

352 181. — **Société Parvillée.** — *Porphyrite, matière isolante électrique* (8 mars 1905).

352 185. — **Dugdill.** — *Commutateur électrique rotatif* (8 mars 1905).

352 029. — **Decker Manufacturing Co.** — *Récupérateur électrolytique de zinc, de magnésium et d'autres substances en solution acide ou neutre* (3 mars 1905).

352 320. — **Lalande et Frassier.** — *Relais multiple pour commandes à distance sans fil* (11 mars 1905).

352 372. — **Andersen.** — *Appareil de communications mutuelles par signes écrits entre postes téléphoniques* (14 mars 1905).

352 390. — **Faucon.** — *Appareil microbicide de récepteur téléphonique* (2 mars 1905).

352 240. — **Siemens-Schuckert Werke.** — *Système pour régler le moment de rotation et la vitesse angulaire de certains moteurs* (10 mars 1905).

352 265. — **Elieson.** — *Pièce de connexion pour batterie d'accumulateurs* (10 mars 1905).

352 272. — **Burke.** — *Moteur électrique* (10 mars 1905).

352 318. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Régulateur électro-mécanique* (11 mars 1905).

352 438. — **Elektrizitäts Actiengesellschaft.** — *Mode d'excitation des pôles condensateurs* (16 mars 1905).

352 256. — **Société Geoffroy et Delore.** — *Enrobage de fils de cuivre très fins* (24 février 1905).

352 278. — **Heinicke.** — *Transformateur* (20 janvier 1905).

352 389. — **Hugoniot.** — *Limiteur d'électricité* (28 février 1905).

352 305. — **Scherschewsky.** — *Pulvérisation électrique de corps bons conducteurs* (11 mars 1905).

352 269. — **Société Phonix Electrotechnische.** — *Lampe à arc* (10 mars 1905).

352 276. — **Société H. Beau et C[ie].** — *Garniture de protection contre la chaleur pour fleurs ou motifs placés sur lampes* (10 mars 1905).

352 280. — **Société Phonix Electrotechnische.** — *Régulateur pour lampes à arc* (10 mars 1905).

349 961. — **Berry.** — *Machine dynamo-électrique* (2 juin 1904).

349 964. — **Jonas.** — *Pile primaire sèche* (4 juin 1905).

349 969. — **Soule.** — *Douille-support pour lampes à incandescence* (6 juin 1904).

352 461. — **Société Siemens-Schuckert.** — *Protection des lignes télégraphiques* (17 mars 1905).

352 546. — **Mambret.** — *Appareil télautographe* (1[er] février 1905).

352 445. — **De Coincy.** — *Culasse de dynamos pour diminuer le poids* (16 mars 1905).

352 542. — **Lapeyrade.** — *Alternateur à deux induits* (25 janvier 1905).

352 556. — **Thoresen et Tharalosen.** — *Déviation des décharges électriques et décomposition des gaz* (3 mars 1905).

352 557. — **Everett et Newton.** — *Perfectionnements aux roues magnétiques* (8 mars 1905).

352 577. — **Société Lahmeyer and C°.** — *Réglage des moteurs et générateurs* (24 mars 1905).

352 578. — **Société Lahmeyer and C°.** — *Machine polyphasée à collecteur* (21 mars 1905).

352 587. — **Heyland.** — *Balais pour commutateurs* (21 mars 1905).

352 525. — **Nisbett.** — *Séchage de l'isolement hygroscopique des conducteurs électriques* (20 mars 1905).

352 550. — **Armengaud aîné.** — *Compteur pour courants continus et alternatifs* (18 février 1905).

352 566. — **Busch.** — *Champ dans les compteurs d'électricité* (18 mars 1905).

352 644. — **Compagnie de Fives-Lille.** — *Interrupteur à fermeture et rupture brusques* (22 mars 1905).

352 658. — **Armstrong et Orling.** — *Appareil électro-capillaire* (23 mars 1905).

352 697. **Société d'applications industrielles.** — *Parafoudre multiple* (24 mars 1905).

352 705. — **Rolland.** — *Coupe-circuit à remplacement automatique* (25 mars 1905).

352 754. — **Hulsmeyer.** — *Appareil et installation pour la commande indépendante de récepteurs d'ondes hertziennes* (27 mars 1905).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

Le Central électrique du Nord. — Cette Société anonyme, au capital de 5 millions de francs, représenté par 50 000 actions de 100 fr l'une, a été constituée en avril dernier.

Elle a principalement pour objet les entreprises de transport en commun par voies ferrées, routes ou canaux, l'exploitation d'usines destinées soit à fournir la force pour la traction et l'énergie électrique, la construction du matériel utilisé dans les entreprises de transport, l'éclairage électrique, la distribution de force motrice, etc.

Cette Société a pris une large participation dans la Société des Tramways dite « Électrique Lille-Roubaix-Tourcoing », qui a pour objet la construction et l'exploitation d'un réseau de tramways électriques.

Mais elle a pour objet principalement de créer dans le nord de la France et dans l'arrondissement de Lille particulièrement, l'énergie électrique pour en faire la distribution à l'usage de force motrice et lumière.

Le Conseil d'administration est composé des personnalités suivantes :

Président : M. Amédée Descubes, ancien député, à Paris;

Vice-président : M. Léon Francq, ingénieur, à Paris;

Administrateurs : MM. Max. Ryndzunsky, administrateur de l'Union des Tramways, des Tramways de Catane, de Tiflis et de Kharkoff; Jules Rycx, ingénieur en chef des ponts et chaussées, à Bruxelles; Salomon Schœnbrunn, administrateur des Tramways de La Haye; Kervyn de Meerendre, administrateur de l'Union des Tramways.

Le siège administratif est à Paris, n° 10, rue de la Pépinière.

L'Électrique Lille-Roubaix-Tourcoing. — Cette Société anonyme, au capital de 12 millions de francs, représenté par 48 000 actions de 250 fr l'une, a été constituée à Lille.

Elle a pour objet la construction et l'exploitation d'un réseau de tramways électriques dont elle a la concession, d'une longueur de 60 km, comprenant cinq parties : A, ligne d'environ 22 km, du grand boulevard nouveau Lille-Roubaix et Lille-Tourcoing; B, ligne d'environ 15 km, de Lille à l'église de Leers, par Fives-Lille, Lannoy; C, ligne d'environ 5 km, de Roubaix à Hem, en desservant le nouveau quartier ouvrier de Roubaix; D, ligne d'environ 13 km, de Leers à Roncq, par Wattrelos et Tourcoing; E, ligne d'environ 5 km, de Roubaix à l'église de Leers, en suivant les boulevards Gambetta et Beaurepaire. La région que desservira cet ensemble de lignes est, on le sait, une des plus industrielles de France, et comprend une population de 600 000 habitants.

Le Conseil d'administration comprend :

M. Amédée Descubes, ancien député, président; adminis-

trateurs : MM. Léon Francq, ingénieur, à Paris; Gruyelle-Gruyelle, industriel, à Hénin-Liétard; Charles Dansette-Thiriez, industriel, à Lille; Maximilien Byndzunsky, Salomon Schœnbrunn.

Siège social : à Lille, 4, rue de la Chambre-des-Comptes.

Bureaux : à Paris, 10, rue de la Pépinière.

Compagnie provençale des Tramways électriques (Toulon-Hyères et extensions). — Cette Société anonyme, au capital de 850 000 fr, représenté par 3400 actions de 250 fr l'une, vient d'être constituée le 12 octobre courant.

Elle a principalement pour objet la construction et l'exploitation, dans le département du Var, de deux lignes de tramways électriques destinées au transport des voyageurs et des marchandises allant l'une de La Valette à Hyères, et l'autre, de Toulon à La Garde, et venant se joindre à la première, au lieu dit les Quatre-Chemins.

Son objet s'étend aussi à la construction et à l'exploitation de toutes autres lignes de tramways et chemins de fer économiques qui pourront être concédées ou rétrocédées à cette Société dans le département du Var ou dans tous autres départements limitrophes et en France.

Conseil d'administration :

MM. Waller (Salomon), président, à Paris; Bally (Henri), entrepreneur de travaux publics, à Paris, vice-président; MM. Champion (Émile), entrepreneur de travaux publics, à Marseille; Francq (Roger), ingénieur des arts et manufactures, à Paris; Paul (Jules), président de la Chambre de commerce, à Toulon; Valensi (Henri), à Marseille.

Siège social : à Paris, 5, avenue de l'Opéra.

Société des Forces motrices de la vallée de la Bienne. — Cette Société a été constituée le 12 août 1905. Elle a pour objet : 1° La production, par tous moyens, l'emploi, le transport, la distribution et la vente de l'énergie électrique sous toutes ses formes; l'utilisation à cet effet, de toutes chutes et cours d'eau, et spécialement l'Abîme, à Saint-Claude (Jura), dans les départements du Jura et du Doubs; 2° l'achat, la construction et l'exploitation de toutes usines; l'achat, l'obtention, l'exploitation et la rétrocession de toutes concessions de fourniture d'énergie électrique; 3° l'acquisition et l'aliénation de tous biens mobiliers et immobiliers et toutes opérations financières, commerciales et industrielles se rattachant au but de la Société, sous quelque forme que ce soit, directement ou indirectement, soit seule, soit en participation.

Le siège social de la Société est établi à Paris, rue de l'Arc-de-Triomphe, n° 1. Il pourra être transporté partout ailleurs dans Paris, par décision du Conseil d'administration, et dans toute autre ville, par décision de l'Assemblée générale des actionnaires.

La durée de la Société est fixée à 50 ans, à compter du jour de sa constitution définitive.

M. de Lavèze, au nom et comme liquidateur de la Société en commandite simple Foy-Guérin et Cie, apporte à la présente Société : 1° Un fonds de commerce de production et de distribution d'énergie électrique, exploité à Saint-Claude et à Morez (Jura), comprenant la clientèle et l'achalandage y attachés et les objets mobiliers; les conventions ou traités verbaux conclus par la Société Foy-Guérin et Cie; 2° une usine sise au lieu dit « La Serre », commune de Saint-Claude, construite par la Société Foy-Guérin et Cie; l'outillage électrique et autres objets mobiliers servant à l'exploitation de ladite usine, les canalisations, les lignes aériennes établies sur une longueur de plus de 30 km dans les communes de Saint-Claude, Avignon près Saint-Claude, Cuiquétral, Longchaumois, La Doye, La Rivière, Morez-le-Morbier.

En représentation et pour prix de cet apport, il est attribué à la Société Foy-Guérin et Cie : 1° 6350 actions de 100 fr chacune entièrement libérées; 2° 3000 parts de fondateur.

Le capital social composé des apports et du capital en numéraire est fixé à 650 000 fr, divisé en 6500 actions de 100 fr. Le Conseil est dès à présent autorisé à émettre pour 350 000 fr d'obligations, dont le montant sera employé à la construction des nouvelles lignes projetées dans les cantons de Saint-Claude, de Morez, de Saint-Laurent, et dans toutes autres communes du Jura, françaises ou même suisses, limitrophes de la France, et l'acquisition de concessions. Toute autre émission d'obligations ne pourra jamais être faite qu'à la suite d'une délibération d'une assemblée générale extraordinaire.

La Société est administrée par un Conseil de 5 membres au moins et de 9 au plus. Les administrateurs sont nommés pour six ans, sauf l'effet de renouvellement par tiers tous les deux ans. Toutefois, le premier Conseil composé de 5 membres restera en fonctions jusqu'à l'assemblée générale ordinaire qui se réunira en 1909. Le Conseil a les pouvoirs les plus étendus pour agir au nom de la Société, chaque administrateur devant être propriétaire de 10 actions de la Société.

L'année sociale commence le 1er juillet et finit le 30 juin. Par exception, le premier exercice comprendra le temps écoulé entre la constitution définitive de la Société et le 30 juin.

Les produits nets, déduction faite de toutes charges, amortissements et dépréciations, constituent les bénéfices, sur lesquels il est prélevé :

1° 5 pour 100 pour la réserve légale;

2° Une somme suffisante pour servir 4 pour 100 d'intérêts aux actions sur le montant du capital dont elles sont libérées.

Sur l'excédent il est prélevé :

1° 10 pour 100 pour le Conseil d'administration qui en fera la répartition entre ses membres comme il le jugera convenable;

2° Somme, jusqu'à concurrence au maximum de 25 pour 100 de cet excédent, que l'Assemblée, sur la proposition du Conseil d'administration, décidera d'affecter à la constitution de réserves extraordinaires ou de prévoyance.

Enfin le surplus, sauf tous reports à nouveau, sera réparti comme suit :

75 pour 100 aux actionnaires;

25 pour 100 aux parts bénéficiaires.

L'emploi du fonds de réserve légale et des réserves extraordinaires et de prévoyance est laissé aux soins du Conseil d'administration. L'application de ces réserves à l'amortissement de l'actif social est réservé à l'Assemblée générale ordinaire ou extraordinaire.

A l'expiration de la Société ou en cas de dissolution anticipée, l'Assemblée générale règle le mode de liquidation et nomme un ou plusieurs liquidateurs, en déterminant leurs pouvoirs.

Le produit de la liquidation, après l'acquit du passif, sera employé d'abord au paiement aux actionnaires de somme égale au capital versé et non amorti. Le surplus, s'il y en a, constituera les bénéfices et sera réparti aux actionnaires au prorata de leurs actions.

Le Conseil d'administration est composé de : MM. Henri de Lavèze, rue de l'Arc-de-Triomphe, n° 1, à Paris; — Fernand Goudard, à Saint-Claude (Jura); — Édouard Choupot, rue Alphonse-de-Neuville, n° 17, à Paris; — Albert Malézieux, boulevard Richard-Lenoir, n° 83 *bis*, à Paris; — Édouard Vicarino, rue Gilbert-Adam, n° 5, à Nancy.

M. Camille Seriex, rue Vital, 36, à Paris, a été choisi pour remplir les fonctions de commissaire des comptes.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

36211. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 333 **10 Novembre 1905.**

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

INFORMATIONS

L'entente cordiale. — On sait que, depuis quelques années, l'*Institution of Electrical Engineers*, de Londres, fait un voyage annuel à l'étranger. C'est ainsi qu'elle est venue à Paris en 1900, et a visité successivement la Suisse, l'Allemagne, l'Amérique, etc. L'Institution ne fera pas de voyage en 1906 et recevra, *at home*, pendant la dernière semaine de juin, des représentants et des membres des Sociétés suivantes auxquelles des invitations ont été déjà adressées : *American Institute of Electrical Engineers, Canadian Electrical Association, Associazione Elettrotecnica Italiana, Electrotechnischer Verein, Verband Deutscher Elektrotechniker, Schweizerischer Elektrotechnicher Verein* et *Société internationale des Électriciens.*

Une semaine sera consacrée à des réceptions et à des visites des plus importantes usines et installations de la métropole, et une seconde semaine sera consacrée à des visites aux centres industriels les plus importants du Royaume-Uni, tels que Manchester, Liverpool, Glasgow, Newcastle, etc.

Nous sommes heureux d'enregistrer cette nouvelle. De semblables visites ne peuvent que consolider l'œuvre commencée par le Congrès d'électricité et créer de précieuses relations internationales dont profiteront la science et l'industrie. Les expositions universelles semblent avoir fait leur temps. Espérons que ces échanges de visites entre spécialistes seront la nouvelle formule de l'entente cordiale entre peuples dont la mésintelligence est souvent et surtout faite de méconnaissance.

Statistique des accidents produits dans les installations électriques en Angleterre en 1904. — Le rapport de l'inspectorat anglais des installations électriques donne les renseignements suivants :

Il s'est produit 140 cas d'accidents (dont 6 mortels) dans les installations mécaniques des stations centrales électriques appartenant soit à des sociétés, soit à des communes, et 36 (dont 3 mortels) dans les installations purement électriques.

Parmi ces derniers 9 se sont produits pendant le maniement d'appareils, et 9 (dont 1 mortel) pendant le nettoyage des parties conductrices du courant (barres générales).

Lors du travail au tableau, pendant le service, les parties nues conduisant le courant sont généralement recouvertes de plaques de caoutchouc ou bien isolées ; le cas s'est souvent produit, que, pendant le travail, un outil échappe à l'ouvrier et vient détruire l'isolant. Un ouvrier fut ainsi tué par du courant alternatif à 200 v.

Une série des accidents de la première catégorie est due à de l'huile bouillante s'échappant des réservoirs, 4 cas (dont 2 mortels) se sont produits lors du nettoyage de certaines parties conductrices du courant, que l'on croyait isolées. Les causes sont dues à l'inexpérience de certains ouvriers, et surtout au manque de circonspection des ouvriers qui n'observent pas les règlements. Lors du réglage de balais de dynamos on a eu 4 accidents ; il y a 10 accidents dont les causes n'ont pu être exactement déterminées.

Dans les stations desservant des fabriques particulières on a signalé 40 cas dus aux installations mécaniques et 9 dus aux installations purement électriques.

Dans les fabriques à commande électrique le rapport signale 40 accidents (dont 3 mortels), qui, d'après la cause, peuvent se diviser en : *a*, accidents dus à la formation d'arc en manœu-

vrant un interrupteur; *b*, dus à la fusion de fusibles; *c*, dus au contact de conducteurs nus, dans les fabriques anglaises les appareils électriques n'étant pas protégés; *d*, dus à des appareils défectueux, la plupart des supports de lampes; *e*, dus à l'imprudence lors du nettoyage de parties parcourues par le courant; *f*, dus à des étincelles aux balais des moteurs; *g*, accidents survenus dans le laboratoire d'essai.

Le rapport fait remarquer combien il est important de placer les interrupteurs et les fusibles loin du personnel, et conseille l'emploi du dispositif américain dans lequel les interrupteurs à huile sont disposés dans un local spécial, à l'abri du feu et commandés du tableau au moyen d'un relais.

Le rapport fait en outre remarquer que de nombreux accidents sont dus à ce que les barres générales sont placées trop bas (1 à 2 m) ou trop proches les unes des autres (10 à 15 cm) de sorte qu'il peut se produire des court-circuits. Le rapport recommande l'emploi d'une séparation isolée entre les barres et sur les côtés.

Chemin de fer électrique de la Jungfrau. — La *Schweizerische Elektrotechnische Zeitschrift* annonce que le 17 juin a été terminé le tunnel aboutissant à la station « Mer de glace ».

Actuellement, à partir de la station d'origine, la Petite Scheideck (2064 m), on rencontre celle du glacier d'Eiger (2323 m), celle de Rotstock (2530 m), celle d'Eigerwald (2868 m), et enfin celle de la Mer de glace (3161 m). Le service est assuré par six locomotives à courants triphasés, dont trois ont été fournies par la Société Brown Boveri et Cie, et trois par la Société des ateliers d'Oerlikon. L'énergie électrique (7000 v de tension primaire, 500 de tension secondaire) est fournie par la station centrale de Lauterbrunnen, qui utilise une chute de la Lutschine et a une puissance de 2000 poncelets.

D'après le projet de MM. Guyer et Zeller, le tracé, à partir de la station Mer de glace, doit se diriger en ligne droite vers l'ouest, et atteindre avec une rampe de 6,6 centièmes seulement la station de Jungfrauenjoch (3395 m); de là on atteindra la station de Jungfrau (4093 m) établie dans le rocher. Cette station sera desservie par un ascenseur qui atteindra le plus haut sommet de la montagne qui, couvert de neige, est à l'altitude de 4167 m.

Machines d'extraction électriques. — L'*Elektrotechnische und Polytechnische Rundschau* annonce que l'administration du district minier de Dortmund vient d'autoriser la Société Siemens Schuckert à installer dans deux puits des machines d'extraction marchant à la vitesse de 10 m par seconde, tandis que pour les machines d'extraction à vapeur, la vitesse maximum reste fixée à 6 m à la seconde.

Les chutes du Niagara. — Les chutes sont menacées par l'industrie dans leur beauté unique et leur grandeur si impressionnante.

Les anciennes installations ne déparaient que les bords du fleuve. C'étaient les moulins et les fabriques de papier aménagés en contre-bas de la chute, du côté américain, qui étaient desservis par le canal qui avait été projeté et construit par A. Porter, de 1853 à 1862, qui a une longueur de 1320 m.

Depuis le commencement de 1890, on a, non seulement élargi ce canal et installé à son extrémité une station centrale, mais on a construit du côté américain les installations gigantesques de la *Niagara Falls Power C°*, avec prise d'eau souterraine, qui, à l'époque de l'Exposition panaméricaine, avait déjà une puissance de 37 500 poncelets et qui, depuis 1904, en a le double. Ce sont des installations qui, non seulement comme les autres contribuent à enlaidir le paysage, mais qui encore diminuent le volume d'eau de la chute. Ce danger s'est encore accru, car sur la rive canadienne, on est en train de construire trois usines dont la puissance sera de 210 000 kw, et on en projette encore d'une puissance de 80 000 kw. Du reste, les Américains ne restent pas en arrière, et déjà l'an dernier, le gouverneur de New-York s'élevait contre une loi autorisant la Société de Lockport-Niagara et Ontario à faire usage de l'eau; il écrivit alors que, « quoique l'immixtion des questions de sentiment dans les affaires soit regrettable, on ne peut cependant s'empêcher de trouver cette loi mauvaise ». Les deux Sociétés existant actuellement du côté américain utilisent 16 000 pieds cubes d'eau par seconde sur les 222 000 que fournit la chute; les trois Sociétés canadiennes sont autorisées à dériver 32 000 pieds cubes par seconde, et le canal de la Société Lockport-Niagara-Ontario dériverait encore 12 000 pieds cubes par seconde. Le fleuve perd avant ses chutes plus du quart de son débit, de sorte que la chute du côté américain qui est plus élevée que l'autre commence à manquer d'eau et elle sera complètement asséchée si l'on dérive 80 000 pieds cubes par seconde.

A.-D. Adam a proposé de transporter ailleurs les installations; en effet, en aval des chutes, à mi-chemin, sur 8 km, le fleuve est encaissé entre 2 parois de rochers et présente une chute de 30 m. Adam propose de construire une digue à la sortie des rochers, et on disposerait ainsi d'une puissance de 1 100 000 poncelets. Il est vrai que l'on remplacerait ainsi par un lac les rapides qui, actuellement, sont très visités.

Essais de lampes à osmium. — La *Zeitschrift für Elektrotechnick* du 3 septembre publie un certificat d'essais de lampes à osmium du Muséum industriel technique de Vienne dont nous donnons un résumé ci-dessous.

La fabrique viennoise de lampes à osmium avait remis au Muséum 6 lampes de 16 bougies et 6 lampes de 25 bougies à 35 volts. Lors des essais on disposa 3 lampes en série avec une tension alternative de 105 volts.

On a mesuré l'intensité lumineuse horizontale perpendiculairement au plan du filament, et cela environ toutes les 100 heures de fonctionnement. Les essais ont été poussés jusqu'à la destruction complète des lampes.

Une lampe de 16 bougies a donné au commencement de son fonctionnement une intensité de 15,1 bougies avec une dépense spécifique de 1,58 watt par bougie. Au bout de 400 heures l'intensité lumineuse avait atteint 17,3 bougies et la dépense en watts par bougie était tombée à 1,46. Après 2100 heures l'intensité lumineuse était de 15,6 bougies et la dépense de 1,58 watt par bougie. Une seconde lampe de 16 bougies a commencé avec une intensité lumineuse de 15,2, est montée à 17,5 au bout de 400 heures et est retombée à 16 bougies au bout de 2200 heures, tandis que la dépense en watts par bougie a passé de 1,62 à 1,46, puis à 1,535.

Une lampe de 25 bougies a commencé à 22,35 bougies, a donné 24,6 bougies après 600 heures et est retombée à 23,7 après 1200 heures, tandis que la dépense en watts par bougie a été respectivement de 1,65, 1,51 et 1,56; finalement une lampe de 25 bougies a commencé à 22,25, puis a donné 24,1 après 300 heures et est redescendue lentement à 22,6 après 2100 heures, tandis que la consommation spécifique a été d'abord de 1,65, puis de 1,58 et finalement de 1,61 watt par bougie.

En ayant égard à la durée totale de la lampe, la durée totale moyenne est de 2220 heures (les valeurs limites étant 1793 et 3056 heures).

Si on considère la durée de vie jusqu'à une baisse de lumière de 10 pour 100, il n'y a que 3 des 12 lampes qui aient baissé autant avant de brûler complètement, la première en 1750 heures, la seconde après 940 heures et la troisième après 820 heures. Les autres lampes ont baissé de moins de 10 pour 100. La durée moyenne jusqu'à la baisse de 10 pour 100 a été de 1985 heures et la consommation moyenne spécifique Heffner a été de 1,6 watt par bougie pour les lampes de 16 bougies et 1,8 watt par bougie pour les lampes de 25 bougies.

Utilisation des déchets des charbons de lampes à arc. — M. L. Bernard donne dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 31 août, les renseignements suivants qui intéresseront certainement ceux qui utilisent des lampes à arc, car jusqu'ici les déchets n'avaient pu être utilisés et encore d'une manière assez peu pratique que pour les feux de forge. M. Bernard est arrivé à souder entre eux les déchets au moyen de verre soluble et à constituer ainsi des crayons de longueur convenable. Les extrémités des déchets sont entaillées de manière à correspondre exactement et soudés au moyen d'une solution de verre soluble contenant de la poussière de charbon. A la station de Rienz (Tyrol) où ce procédé est employé, le travail est exécuté par un simple manœuvre. Les crayons ainsi obtenus peuvent être employés soit avec du courant continu, soit avec de l'alternatif, ils brûlent très bien, même aux places des soudures, et des essais ont montré que la résistance est à peine augmentée par les soudures.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Auxerre. — *Traction électrique.* — Il y a de grandes luttes engagées dans le département de l'Yonne entre la traction à vapeur et la traction électrique, espérons que cette dernière l'emportera. Disons tout de suite que le Conseil général de ce département a été saisi de demandes relativement à l'établissement d'un réseau de chemin de fer dans l'Avallonnais et l'Auxerrois. Le Conseil a soumis les propositions à une Commission qui paraît incliner pour la traction électrique par courant *alternatif simple.* Voici du reste ses principales réponses :

La traction par courant alternatif simple à haute tension peut être admise en principe sous les réserves qui seront indiquées plus loin. Elle paraît présenter dans l'espèce des conditions plus économiques que les autres modes de traction électriques connus jusqu'à présent, notamment en ce qui concerne l'établissement et l'utilisation des réseaux de distribution du courant, ainsi que les consommations d'énergie sur les voitures pendant les démarrages.

Les progrès réalisés depuis trois ans dans la construction des moteurs à courant alternatif simple et dans les dispositifs de prise de courant à haute tension ont été si considérables qu'ils ont permis déjà de réaliser à l'étranger des applications du système à courant alternatif simple assurant un service de traction régulier. Ces applications déjà faites autorisent donc à compter sur un bon fonctionnement pour les lignes projetées à la condition toutefois d'adopter pour l'installation de toutes les parties, toutes les dispositions techniques que comporte le système, notamment en ce qui concerne l'aménagement des voitures motrices et l'établissement des réseaux distributeurs d'énergie.

La sécurité des voyageurs et des tiers exige des précautions spéciales par suite de la nature du courant et de sa tension élevée; mais ces précautions ont été déjà étudiées avec détail par plusieurs constructeurs, et des solutions qui paraissent facilement réalisables et suffisantes peuvent être appliquées sans inconvénient. Il conviendra en tout cas de rappeler aux constructeurs que les conditions relatives à la sécurité publique, telles qu'elles sont exigées généralement en France, sont plus rigoureuses qu'à l'étranger. Celles-ci demanderont, en particulier pour la nouvelle application du système à courant altarnatif simple une attention toute spéciale et conduiront à des dépenses exceptionnelles dont il y a lieu de tenir compte dès le début.

L'engagement du concessionnaire de remplacer au bout d'un an, en cas de mauvais fonctionnement, le système à courant alternatif simple par un autre ayant reçu la sanction de l'expérience donnera au département les garanties suffisantes à condition d'exiger du concessionnaire un engagement formel de la maison qui lui fournira son équipement électrique. En outre, cet engagement devra permettre de faire éventuellement l'essai du courant alternatif simple à basse tension au lieu de courant alternatif simple à haute tension, avant d'en revenir au courant continu, s'il est démontré que ce changement, bien moins onéreux pour l'exploitation, puisse suffire à assurer un bon fonctionnement.

Des réserves peuvent être faites au sujet de la puissance moyenne de la chute de la Cure que l'on projette d'utiliser, notamment en ce qui concerne les services d'éclairage et de force motrice qu'on se propose d'adjoindre au service de la traction.

Mais, à ne considérer que les exigences de l'exploitation du double réseau des tramways et, en partant des données qui nous ont été fournies (débit minimum, 1 m^3 : s; hauteur de chute minima, 60 m) et que nous devons accepter tout d'abord comme point de départ de notre réponse, l'usine pourra produire en moyenne une quantité d'énergie électrique suffisante pour la consommation journalière des deux réseaux avec cinq trains par jour dans chaque sens, un train supplémentaire de touristes dans l'Avallonnais et un train supplémentaire de marchandises de Courson à Auxerre.

Si donc l'aménagement de cette ressource d'eau est convenablement réalisée pour permettre l'emmagasinement d'un volume d'eau suffisant pour fournir des accroissements de débit instantanés, on peut espérer n'avoir aucune insuffisance de puissance électrique pendant la saison d'étiage. Comme, d'autre part, on pourra y suppléer, ainsi qu'il est dit cidessous, rien ne s'oppose à l'adoption de la combinaison projetée, sauf à introduire dans la convention les réserves prudentes et indispensables qui couvriront la responsabilité du département dans le cas où le concessionnaire aurait à recourir à la construction et à l'emploi d'une usine à vapeur auxiliaire.

D'une manière générale, en cas d'insuffisance de ressources hydrauliques, c'est à ses propres frais, risques et périls que le concessionnaire doit recourir à l'emploi d'une usine à vapeur, et il ne me semble pas qu'il y ait intérêt à limiter dès à présent cette responsabilité par un chiffre ferme.

Sous cette réserve, la Commission estime que l'usine à vapeur de 300 000 fr constituerait une ressource suffisante pour faire face, en ce qui concerne l'exploitation des tramways, à des insuffisances de puissance hydraulique.

Souhaitons que ce projet arrive à sa réalisation, ce sera un exemple intéressant à suivre.

Auzances (Creuse). — *Éclairage.* — Nous croyons savoir que le projet d'éclairage de la ville d'Auzances par l'électricité va entrer dans la période d'exécution.

Il paraîtrait, en effet, que les diverses pièces relatives à ce projet ont été approuvées par la Préfecture et que l'entrepreneur, avec lequel le Conseil municipal a traité, va commencer incessamment ses travaux.

On espère que cet éclairage fonctionnera prochainement.

Beauvais. — *Traction électrique.* — Les tramways électriques vont enfin faire leur apparition à Beauvais; nous apprenons en effet qu'une enquête d'utilité publique est ouverte sur l'avant-projet dressé pour l'établissement de tramways à traction électrique sur les territoires de Beauvais, Saint-Just-des-Marais et Notre-Dame-du-Thil.

A cet effet : Les pièces du projet énumérées aux articles 2 et 3 du décret du 18 mai 1881, seront déposées, pendant un mois, à la mairie de Beauvais.

Pendant le même délai, les plans des traversées de Saint-Just-des-Marais et Notre-Dame-du-Thil, empruntées par les tramways projetés, seront déposés aux mairies desdites communes.

Les pièces seront communiquées sans déplacement, pendant cet intervalle, de neuf heures du matin à midi et de deux heures à cinq heures du soir, aux personnes qui voudront en prendre connaissance.

Des registres seront ouverts, pendant le même temps aux mairies de Beauvais, Saint-Just-des-Marais et Notre-Dame-du-Thil pour recevoir, tous les jours non fériés, aux heures ci-dessus indiquées, les observations auxquelles pourra donner lieu l'avant-projet dont il s'agit.

A l'expiration du délai d'enquête ci-dessus fixé, une Commission constituée se réunira à la Préfecture, pour examiner les observations consignées aux registres d'enquête; elle pourra entendre les ingénieurs employés dans le département et toutes autres personnes qu'elle croira devoir consulter. Après avoir recueilli les renseignements dont elle aura besoin, elle donnera son avis sur l'utilité des tramways projetés.

Le procès-verbal de la Commission sera clos dans un délai maximum de quinze jours à partir de celui de sa réunion et nous sera ensuite remis par M. le Président avec tous les documents de l'affaire.

Malestroit (Morbihan). — *Éclairage.* — Par arrêté préfectoral, le traité passé par la commune pour l'installation de l'éclairage électrique public a été approuvé.

Montagny (Loire). — *Éclairage.* — C'est, paraît-il, chose décidée : cette commune va être éclairée par l'électricité.

Dernièrement a eu lieu la réunion où devait être tranchée cette question intéressante. La Compagnie demandait un minimum de 300 lampes. Ce chiffre a été de beaucoup dépassé, puisque le nombre des demandes a atteint 475.

L'énergie pourra être distribuée vers la fin de janvier ou au commencement de février.

CORRESPONDANCE

La régression de la mémoire.

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

Permettez-moi de vous manifester le regret qu'un journal scientifique comme le vôtre ait laisse passer un article rédigé aussi légèrement que celui qui m'a été consacré dans le numéro du 10 octobre dernier.

L'auteur de cet article n'a rien compris à l'étude que j'ai fait paraître dans le numéro de juillet 1905, des *Annales des Sciences psychiques* dirigées par le professeur Charles Richet, membre de l'Académie de médecine, et dont le comité de rédaction se compose des dix membres suivants : sir William Crookes, Camille Flammarion, professeur César Lombroso, Marcel Mangin, Dr Joseph Maxwell (avocat général à Bordeaux), professeur Henri Morselli, professeur Julien Ochorowics, professeur François Porro, Albert de Rochas, Dr von Schrenck-Notzing.

Mon étude, qui est intitulée : *La régression de la mémoire, cas de Mayo*, peut se résumer ainsi :

J'ai montré qu'en endormant magnétiquement certaines personnes, on déterminait expérimentalement le phénomène connu sous le nom de *Régression de la mémoire*, qui a déjà été observé, un assez grand nombre de fois, dans des circonstances diverses mais fortuites. Ce phénomène consiste en ceci que la mémoire du sujet se reporte successivement sur des époques de plus en plus éloignées de sa propre existence en rappelant des souvenirs complètement oubliés à l'état de veille.

J'ai raconté ensuite comment, en continuant les manœuvres qui ont pour effet d'approfondir le sommeil, la mémoire du sujet paraissait se porter sur des impressions antérieures à sa naissance et ayant eu lieu dans des vies précédentes, tandis qu'en continuant les manœuvres destinées à amener le réveil, au delà de ce réveil, on déterminait des impressions se rapportant non au passé mais à l'avenir.

Le phénomène physiologique est certain. Restait à l'interpréter. Deux ou trois enquêtes, se rapportant à des faits dont je pouvais m'assurer, m'ont montré que les personnalités que les sujets disaient avoir vécues n'avaient jamais existé et j'ai *insisté sur ce point* pour montrer que nous nous trouvions en présence d'une sorte de rêve, très singulier par sa persistance et sa netteté, analogue à celui qu'a étudié M. Flournoy, professeur à l'Université de Genève, dans un gros et savant livre intitulé : *Des Indes à la planète Mars.*

M. Flournoy n'a, pas plus que moi, émis de conclusion; nous savons trop bien, en effet, que quand une science nouvelle se forme, il faut, en premier lieu, réunir un grand nombre d'observations et d'expériences, *avec tous leurs détails*, pour tâcher de saisir les constantes et en déduire une loi.

Il est inutile, n'est-ce pas, de vous rappeler le sort de tous ceux qui sortent de l'ornière officielle dans leurs recherches. Laissez-moi cependant vous en citer un exemple tiré de votre spécialité. Je l'emprunte à un article publié, il y a deux ans, par mon ami le Dr Gustave Le Bon, dans la *Revue scientifique.*

« Quand Ohm, écrit-il, découvrit la loi qui immortalisa son nom et sur laquelle toute l'électricité repose, il la publia dans un livre rempli d'expériences tellement simples, tellement concluantes qu'elles pouvaient être comprises par un élève des écoles primaires. Non seulement il ne convainquit personne, mais un des plus influents savants de l'époque accabla Ohm de son mépris dans une grande revue scientifique et traita ses expériences de fantaisies parfaitement ridicules démenties par l'observation la plus superficielle des faits connus. La réputation scientifique du grand homme en fut tellement atteinte qu'il perdit la place qui le faisait vivre et fut heureux de trouver, pour ne pas mourir de faim, une situation de 1200 fr par an dans un collège, situation qu'il occupa pendant six ans. Ce ne fut qu'à la fin de sa vie qu'on lui rendit justice et qu'on le nomma alors professeur dans une faculté. »

Veuillez agréer, etc. ALBERT DE ROCHAS.

Notre impartialité nous faisait un devoir d'insérer la lettre que l'on vient de lire, mais la vérité nous oblige à déclarer que cette rectification ne s'adresse pas à nous, mais bien à *La Presse* du 3 octobre, que nous avons citée, et dont nous avons, à dessein, placé toutes les citations entre guillemets, tellement cela nous paraissait exorbitant!

Puisque M. de Rochas répudie ce que lui a fait dire *La Presse*, nous n'avons aucune raison d'insister; mais en dépit de l'autorité scientifique des rédacteurs des *Annales des Sciences psychiques*, nous conservons l'opinion qu'en attribuant le nom de sciences aux études, recherches et expériences psychiques dont nos lecteurs ont pu voir un si bizarre spécimen dans notre numéro du 10 octobre, ces messieurs font comme le sage prétendant pécher sept fois par jour : *Ils se vantent!*

La petite histoire du Dr Gustave Le Bon, le célèbre inventeur de la *lumière noire* (?!), sur Ohm nous a vivement ému, mais elle n'est pas de nature à modifier notre opinion sur la régression de la mémoire, son anticipation, le fluide vital et autres curiosités qui forment le fond des *sciences* (?) psychiques.

É. H.

ASSERVISSEMENT ÉLECTRIQUE

Le principe de l'asservissement des organes a reçu en mécanique et en hydraulique des applications aussi intéressantes qu'utiles; le servo-moteur Farcot appliqué à la commande de la barre en fut une des premières et des principales. Depuis, ce principe a été étendu et appliqué à une quantité d'autres organes, tels que l'embrayage servo-moteur si intéressant de M. Mégy, qui permet de distribuer « au doigt et à l'œil » effort et vitesse avec une précision absolue, l'organe commandé, quelle qu'en soit la masse, suivant servilement les mouvements communiqués par la main à un léger plateau. Nous avons dans le même esprit, et pour le compte d'une de nos importantes maisons d'électricité, réalisé un asservissement électrique qui permet à l'opérateur de conduire avec la même précision un organe exigeant une puissance quelconque, commandé par un moteur à courant continu. Ce dispositif peut être appliqué avantageusement dans la marine et la guerre soit à la commande des tourelles cuirassées pour le pointage des canons, soit à la commande de la barre; dans l'industrie privée, à la commande des appareils de levage importants, etc., etc. L'application que nous allons décrire a été étudiée par nous et appliquée à la commande à distance d'un projecteur destiné à la marine. On sait qu'il n'est pas aisé de diriger le faisceau d'un projecteur puissant en manœuvrant directement ce dernier à la main, le cône de lumière gênant la vue de l'opérateur placé à côté du projecteur; il faut que la commande se fasse à une certaine distance. En général, cette commande se fait à l'aide de deux commutateurs, un pour le pointage vertical, un pour le pointage horizontal, et reliés par des fils aux deux moteurs enfermés dans le socle du projecteur et qui lui donnent les mouvements convenables. Mais, lorsqu'il s'agit de pointer rapidement dans une direction déterminée, soit pour y découvrir un but, soit pour suivre celui-ci quand il se déplace, il arrive que les mouvements de la main produisent des tâtonnements avant d'arriver à la bonne direction; de plus, quand il s'agit de suivre le but qui se déplace, la coordination des deux mouvements, horizontal et vertical, est toujours délicate, et exige une grande habitude des appareils. Avec le projecteur asservi, le poste de commande est pourvu soit d'une lunette à grand champ, soit d'une simple alidade mobile avec laquelle il suffit de viser le but, le faisceau du projecteur venant se fixer automatiquement au but visé.

Le principe sur lequel est basé l'ensemble du système n'est autre qu'une disposition spéciale du pont de Wheatstone; le galvanomètre est remplacé par une armature tournante se déplaçant d'un petit angle à droite ou à gauche, suivant le sens du courant, et provoquant des contacts actionnant par relais un moteur dans un sens ou dans l'autre. Les deux branches A et B (fig. 1) du pont sont formées de 19 résistances de 2,1 ohms parfaitement égales raccordées à un commutateur à 20 touches et se trouvant avec le moteur dans le socle du projecteur; les deux autres branches c et x pareillement divisées se

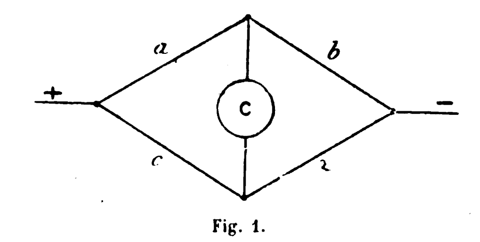


Fig. 1.

trouvant dans le poste de commande, le tout alimenté par des feeders assurant aux bornes de chaque poste une différence de potentiel toujours équivalente. Les 19 résistances sont formées par 19 bobines de fil de maillechort réunies à un commutateur circulaire (fig. 2) à 20 touches,

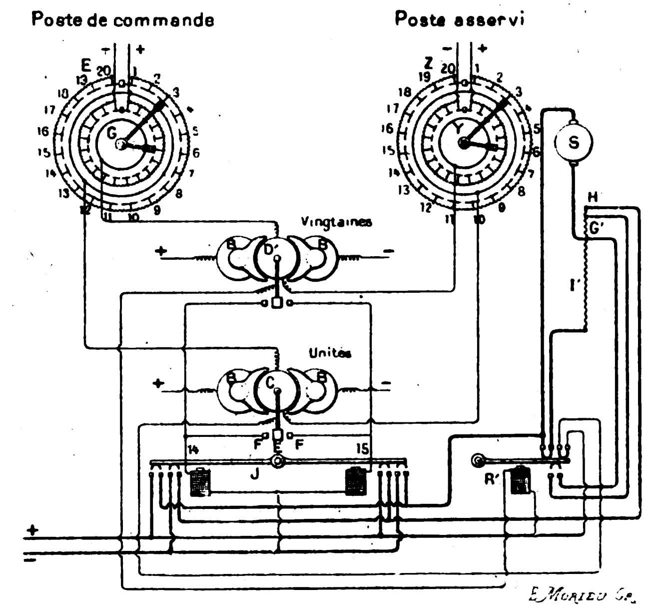


Fig. 2. — Schéma général.

les deux extrêmes connectées au + et au — et séparées par une touche neutre isolante évitant le court-circuit quand l'aiguille qui parcourt ce cadran vient à passer au-dessus. C'est à partir de cette touche neutre que nous compterons les plots, le 1er réuni au positif et le 20e au négatif; il s'ensuit que si l'on compte pour 0 le potentiel du négatif, et avec une différence de 80 volts, qui est celle en usage sur les bâtiments de la marine, on aura à partir du 1er plot une décroissance constante de potentiel de $\frac{80}{19} = 4{,}2$ volts par plot. Si donc on réunit l'armature tournante C aux deux aiguilles des commutateurs, elle sera parcourue par un courant dans un sens ou dans l'autre suivant la position relative des aiguilles, et ce courant s'arrêtera aussitôt que les deux aiguilles se trouveront sur la touche de même numéro qui est au même potentiel. L'armature tournante n'est autre qu'un induit

Gramme à deux sections sans collecteur et pouvant osciller légèrement à droite ou à gauche dans un champ constant obtenu par deux électros B. Le contact mobile E vient buter sur les contacts fixes F, à droite ou à gauche, et donne le courant par le fil 14 et 15 dans un relais double J, qui à son tour le donne au moteur S. Celui-ci fait tourner le projecteur, qui commande à l'aide d'une couronne dentée et d'un pignon le commutateur Z, lequel tourne dans le sens convenable pour amener l'aiguille sur la même touche que celle qui est couverte par l'aiguille du poste de commande. Lorsque cette position est atteinte, il n'y a plus de courant dans la bobine C, et celle-ci est ramenée dans sa position moyenne par des ressorts de rappel, le courant du relais est rompu et le projecteur s'arrête.

Comme le commutateur E ne divise la circonférence qu'en 20 positions, ce qui serait insuffisant, le système décrit plus haut est double. Ces deux systèmes absolument semblables ont leurs commutateurs concentriques et reliés mécaniquement par un mouvement d'engrenage d'un rapport angulaire de 20, de sorte que, lorsque l'aiguille du système extérieur E a fait un tour, celle du système intérieur G fait une division. Pour cette raison, nous appellerons circuit des vingtaines, celui intérieur G, et circuit des unités, celui extérieur E. On voit que nous avons réalisé ainsi 20 . 20 = 400 positions différentes des aiguilles sur la circonférence.

A la partie supérieure du poste de commande (fig. 3) se trouve un plateau mobile H portant l'alidade de visée I. Ce plateau est commandé par un volant à poignée K situé à droite de l'observateur. Un système d'engrenages à mouvement épicycloïdal transmet le mouvement au plateau mobile H en même temps qu'aux aiguilles des commutateurs, de façon que l'aiguille du système des vingtaines G ait une vitesse égale à celle de l'alidade sans toutefois être continue, c'est-à-dire qu'elle passe brusquement d'une touche à l'autre chaque fois que l'aiguille des unités qui a une vitesse continue 20 fois plus grande, a fait un tour. Le même commutateur est solidaire du projecteur dans les mêmes conditions de rapport angulaire. Ainsi le circuit des vingtaines donne les déplacements supérieurs à 20 grades, et celui des unités de 1 à 19 grades. Mais on peut voir sur le schéma que ces deux ordres de déplacements ne se font pas à la même vitesse du moteur; quand le courant de relais double J est donné par la bobine des unités C, le courant du moteur traverse les résistances G'H' et son induit est shunté par une résistance dérivée à ses bornes I', c'est le dispositif de rhéostat compound dont nous avons étudié les propriétés dans un précédent article (voy. *L'Industrie électrique* du 25 mars 1905) et qui permet des vitesses beaucoup plus ralenties et régulières qu'avec le dispositif habituel de rhéostat en série avec le moteur. Celui-ci marche donc à très petite vitesse et son arrêt est très précis. Quand le courant de relais est donné par la bobine D' du circuit des vingtaines, ce courant de relais traverse en même temps un relais simple R' qui rompt la résistance I' et met en court-circuit la résistance G', il ne reste dans le circuit qu'une très petite résistance H' et le moteur marche en grande vitesse. Ce relais simple R' sert aussi à couper le courant de relais des unités, ceci dans le but suivant : en suivant attentivement la marche du courant dans le circuit des unités au moment où l'aiguille du commutateur va passer au-dessus de la touche neutre, c'est-à-dire au moment où va se faire l'engrènement qui va faire avancer l'aiguille des vingtaines d'une unité,

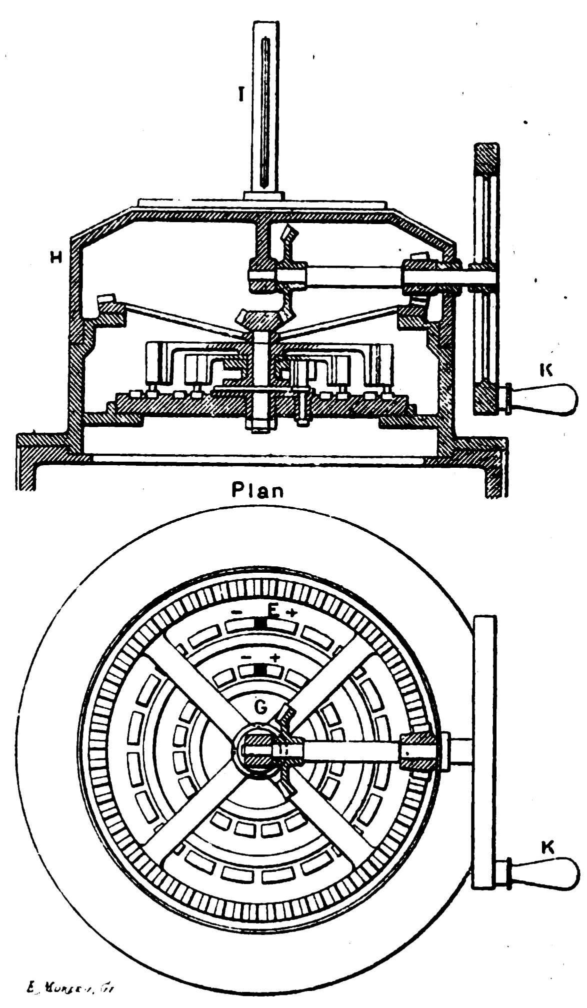


Fig. 3. — Poste de commande.

nous voyons que dans le circuit des unités le courant se renverse en passant d'un pôle à l'autre, malgré que la rotation de l'alidade ait toujours lieu dans le même sens; il s'ensuivrait qu'à ce moment la bobine C se renverserait et ferait tourner le projecteur en arrière. Mais le relais R' coupe à ce moment le courant de relais des unités, et le passage de la touche neutre se fait par le contact de la bobine D' qui prédomine tant que l'équilibre dans son circuit n'est pas établi. A ce moment précis le courant est rendu au circuit de relais des unités. On voit ainsi que les grands déplacements se font à grande vitesse, et qu'à l'approche des positions concordantes du poste de manœuvre et du projecteur les déplacements se font au contraire très lentement et l'arrêt avec une grande pré-

cision. On remarquera que les postes ne sont réunis que par deux fils. Aux essais nous avons obtenu un accord constant et absolu des deux postes, ceux-ci ayant été pourvus d'un cercle divisé en 400 grades. La différence de potentiel de 4,2 volts séparant les deux positions les plus voisines s'est montrée pratiquement suffisante pour assurer d'une façon absolue le jeu des organes. On pourrait donc obtenir une division du cercle plus précise encore avec une différence de potentiel de 120 volts et deux circuits à 30 touches, soit $30 . 30 = 900$ divisions du cercle.

La mesure de la résistance des bobines formant les branches du pont doit être faite avec beaucoup de soin, de même que leur connexion; d'autre part, les fils qui amènent le courant aux deux circuits E et G du côté de la commande et aux deux circuits correspondants Y et Z du côté du projecteur doivent avoir une même résistance depuis la source commune et doivent être exclusivement réservés à cet usage, de façon à obtenir aux bornes des circuits exactement le même potentiel. L'organe composé des bobines ou induits CD' qui remplace dans le système le galvanomètre du pont de Wheatstone doit être particulièrement sensible. Il pourrait être composé d'une simple bobine avec noyau de fer doux; mais, en raison des oscillations des navires, on lui a donné la forme d'un induit Gramme à axe vertical, en sorte que l'équilibre autour de cet axe de rotation n'est pas influencé par les déplacements de cet axe. L'induit denté que nous avons adopté présenterait un grave défaut s'il était denté régulièrement, parce qu'en face des becs polaires une dent qui se déplace produit une forte variation du flux; il s'ensuit que pour produire un certain angle les variations du couple sont très grandes, le mouvement commencé avec un courant constant dans la bobine ne peut s'achever que si le courant augmente. Il suffit pour tourner cette difficulté de ne denter que la portion d'induit qui reste franchement sous les masses polaires et de supprimer les dents sous les bras et entre ceux-ci, comme l'indique la figure 4.

Les ressorts de rappel A' doivent être réglés de façon à assurer le même couple de déplacement que celui du retour à la position moyenne. Ces précautions étant bien observées, l'appareil fonctionne d'une façon irréprochable.

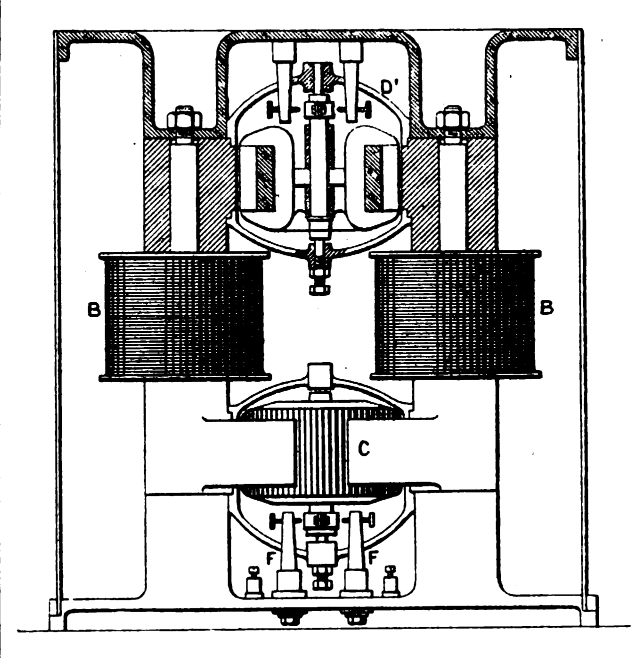
Nous pensons que le calcul des différents organes constituant l'asservissement sera lu avec intérêt : nous le donnons ci-après tel que nous l'avons établi pour l'application précitée.

Chaque circuit de résistance est composé de 19 bobines de fil de maillechort de $\frac{22}{10}$ isolé à une couche coton; chaque bobine a une résistance de 2,1 ohm, soit $19 . 2,1 = 40$ ohms par circuit. Avec la tension de 80 volts le courant dans chaque circuit est de 2 ampères. La densité de courant est dès lors $\frac{2}{3,8} = 0,525$ A : mm². La surface de refroidissement est de 18,5 cm² par watt absorbé. Les bobines étant enfermées, la température s'est élevée à 70° C.

Le courant traversant une des armatures tournantes C a pour expression la même formule que celle qui traverse le galvanomètre d'un pont de Wheatstone, il nous suffira de la rappeler :

$$I = U \frac{bc - ax}{a+b+c+x\left\{\frac{(a+c)(b+x)}{a+b+c+x}+g\right\}\left\{\frac{(a+b)(c+x)}{a+b+c+x}+r\right\}}$$

cette formule assez complexe se simplifie en admettant la résistance de la source $r = 0$ et $a + b = c + x$. Le courant minimum a lieu évidemment quand l'aiguille du



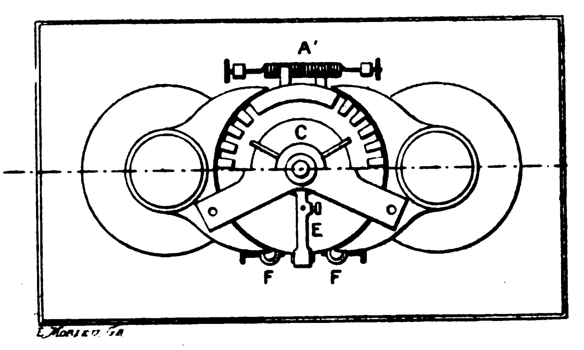


Fig. 4. — Galvanomètre.

commutateur du poste de commande se trouve au milieu de la résistance sur la touche 10 et celle du projecteur sur la touche voisine correspondante 11. Dans ces conditions les branches du pont ont les résistances suivantes : $a = 19$ ohms, $b = 21$, $c = 21$, $x = 19$.

En portant ces valeurs dans la formule on obtient :

$$I = 80 \frac{(21 . 21) - (19 . 19)}{80\left(\frac{40 . 40}{80} + 20\right)\left(\frac{40 . 40}{80}\right)} = 0,1 \text{ A},$$

en donnant à g la valeur de 20 ohms entre les bornes de la bobine C. Cette valeur de 20 ohms est celle qu'il convient de donner à la bobine C pour obtenir dans celle-ci l'énergie maximum. En effet, si l'on prenait une valeur $g = 0$, le courant I serait, suivant la formule précédente, de 0,2 A. Or, d'après une loi connue, l'énergie maximum dans un circuit est obtenue pour une valeur de la résistance qui réduit de moitié le courant qui circulerait sans résistance extérieure, c'est-à-dire la source mise en court-circuit. On sait que ce résultat est obtenu quand la résistance extérieure est égale à la résistance intérieure de la source.

Le courant maximum a lieu d'autre part quand les aiguilles se trouvent sur la première et la dernière touche, soit à une différence de potentiel de 80 volts. I est alors $\frac{80}{20} = 4$ A. Mais dans ces positions respectives le projecteur tourne à grande vitesse, en sorte que ce courant ne dure qu'environ une demi-seconde; on peut en conséquence employer pour la bobine du fil de 6/10, la densité de courant variant de $\frac{0,05}{0,285} = 0,175$ à $\frac{2}{0,285} = 7$ A : mm². La bobine se déplace de 3 à 4 mm de chaque côté de sa position moyenne, elle est enroulée comme un induit Gramme, à deux sections, mais porte sous les masses polaires 10 dents. Les coches ont une profondeur de 12 mm, une largeur de 10, un pas de 16. La largeur de l'induit est 50 mm, le diamètre extérieur des dents 120, l'entrefer 1,5 mm, l'épaisseur du fer d'induit au fond des dents 15 mm. L'induit porte 4000 spires, fil 6/10 isolé à une couche soie et formant deux sections, l'entrée et la sortie du courant se faisant par deux fils souples.

Le flux total traversant l'induit ou bobine C est, comme nous le verrons plus loin, de $\Phi = 250\,000$ maxwells. L'expression du couple de rotation est la même que celle d'une dynamo ou d'un moteur, soit en C.G.S. :

$$C = I\frac{n\Phi}{2\pi},$$

d'où le couple minimum, pour le courant de 0,1 d'ampère trouvé

$$C = 0,01\,\frac{4000 \cdot 250\,000}{6 \cdot 28} = 1\,590\,000 \text{ dynes-cm},$$

ou

$$\frac{1\,590\,000}{981} = 1620 \text{ g-cm}.$$

Comme les contacts destinés à commander les relais sont à une distance de l'axe de 6 cm, l'effort au bout de ce bras de levier sera $\frac{1620}{6} = 270$ g. Mais nous avons vu que les ressorts de rappel sont réglés de façon à obtenir le même effort dans les deux sens, on dispose donc pour assurer le contact d'un effort minimum de 135 g, effort qui peut atteindre 10,665 kg quand le courant est maximum et s'élève à 4 A.

Le circuit magnétique traversant les bobines C et D' est unique, il est excité par deux bobines en série. Le flux dans chaque entrefer est de 250 000 maxwells.

La surface d'entrefer est comptée pour 34 cm², la longueur de 1,5 mm. La section du fer d'induit au fond des dents est $2 \cdot 1,5 \cdot 5 = 15$ cm²; la longueur à travers les deux induits est de 25 cm, l'induction magnétique est donc $\mathcal{B} = \frac{250\,000}{15} = 16\,800$ gauss, d'où un coefficient de perméabilité pour le fer doux de $\mu = 280$.

Les noyaux d'électro ont un diamètre de 55 cm et une section de 28 cm², le flux qui les parcourt est porté à 300 000 pour tenir compte des dérivations magnétiques qui se produisent à la sortie des masses polaires.

La longueur du circuit dans cette partie y compris les masses polaires est de 54 cm; on a donc :

$$\mathcal{B} = \frac{300\,000}{28} = 10\,700 \text{ gauss}$$

et $\mu = 1950$ (pour de l'acier Robert).

La force magnétomotrice dans chaque partie du circuit devra donc être :

Quatre entrefers	$\mathcal{F} = \Phi\frac{4l}{s} = 250\,000 \cdot \frac{0,6}{34}$	$= 4412$
Induits	$\mathcal{F} = \Phi\frac{l}{\mu s} = 250\,000 \cdot \frac{30}{280 \cdot 15}$	$= 1775$
Noyaux et masses	$\mathcal{F} = 300\,000 \cdot \frac{54}{1950 \cdot 28}$	$= 300$
Force magnétomotrice totale		6487

ou en ampères-tours

$$\frac{6487 \cdot 10}{4\pi} = 5200,$$

chaque bobine est composée de 5200 spires de fil 6/10 isolé à 1 couche soie et ayant une résistance de 80 ohms; comme elles sont couplées en tension, le courant qui les parcourt est $\frac{80}{160} = 0,5$ ampère, soit une densité de $\frac{0,5}{0,28} = 1,9$ A : mm²; les ampères-tours d'une bobine sont donc $5200 \cdot 0,5 = 2600$ et pour les deux bobines en tension on a donc bien les 5200 ampères-tours nécessaires.

ÉMILE DUBOIS.

INSTALLATION HYDRAULICO-ÉLECTRIQUE

DE LA COMPAGNIE DU GAZ DE CLERMONT-FERRAND

La Compagnie du Gaz de Clermont-Ferrand exploitait depuis 1892 une station électrique avec machines à vapeur d'une puissance totale de 225 kilowatts, assurant l'éclairage électrique des villes de Clermont-Ferrand et de Royat; le courant à l'usine était du courant alternatif simple à 42 périodes par seconde, et la tension de

2000 volts. Depuis longtemps, cette station demandait une importante augmentation de puissance pour répondre aux demandes de l'industrie locale, actuellement très développée.

Après avoir tout d'abord envisagé l'agrandissement de la station à vapeur, la Compagnie du Gaz décida, après des études approfondies, la création d'un transport d'énergie hydraulico-électrique qui permettrait de fournir, dans de bonnes conditions, la puissance nécessaire à l'éclairage et à la force motrice, non seulement à Clermont et Royat, mais aussi dans toute la région environnante.

Le choix s'est porté sur la Sioule, et une usine génératrice a été installée sur cette rivière aux environs de Queuille, à une distance d'environ 30 km de Clermont, à vol d'oiseau; la Sioule, affluent de l'Allier, prend sa

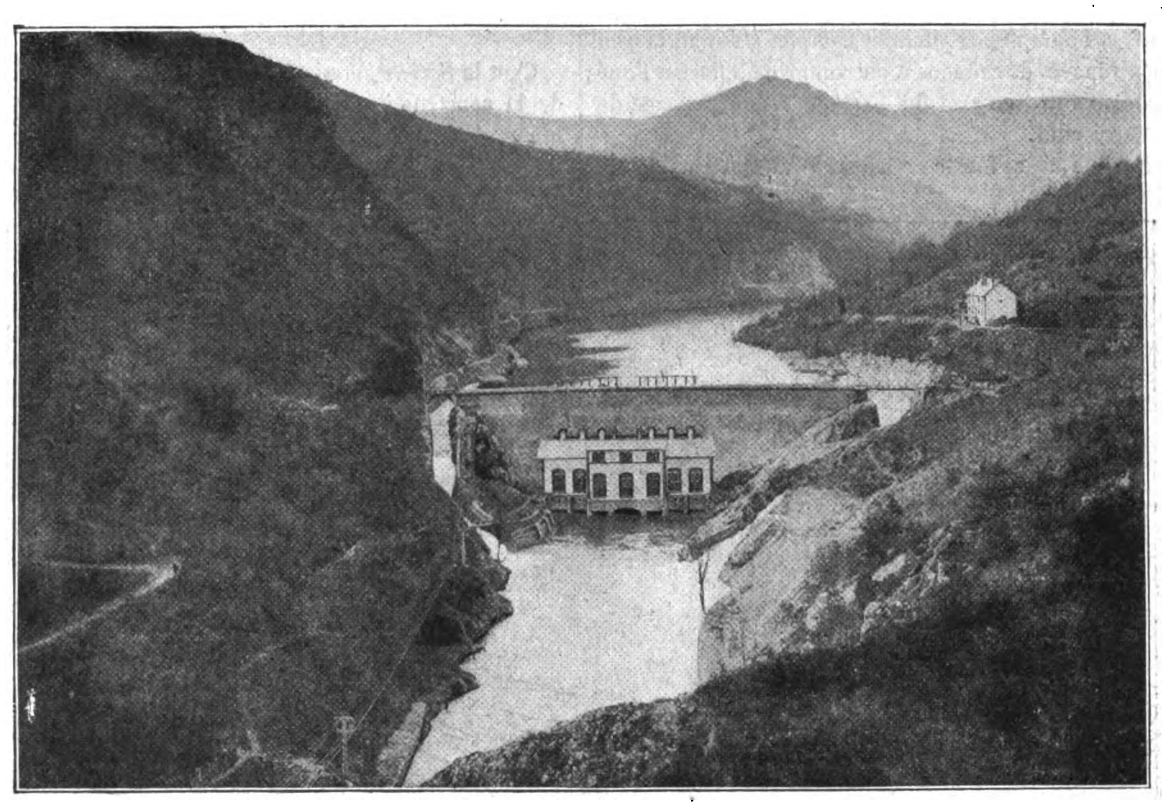


Fig. 1. — Vue générale du barrage et de l'usine génératrice à la Sioule.

source sur le versant nord-est des Monts-Dores, et son bassin comprend les nombreux ruisseaux de tout ce versant ainsi que du versant ouest des Monts-Dômes. Elle possède un régime d'eau assez favorable, par suite de l'altitude des montagnes citées ci-dessus et des conditions climatériques, la fonte des neiges ne se faisant que très tard dans cette région, limitant ainsi la période d'étiage. D'un autre côté, cette rivière est sujette à des crues fréquentes, comme c'est d'ailleurs le cas pour toutes les rivières des régions montagneuses. Pendant l'exécution des travaux, des crues dépassant 42 000 m³ par minute ont été observées; en été, le débit de la Sioule est de 4500 m³ par minute environ.

A l'endroit où est située l'usine génératrice, la rivière se trouve encaissée dans une vallée profonde et sinueuse, circonstance qui, jointe à un débit variable, a déterminé la construction d'un barrage, de préférence à un canal de dérivation.

Le barrage est construit pour une hauteur de chute de 25 m en hautes eaux; les tuyaux d'amenée aux turbines sont pris directement dans la maçonnerie à une hauteur de 17 m et sont indépendants pour chaque unité. Deux déversoirs, un sur chaque rive, permettent l'écoulement du surplus d'eau. Le barrage, qui comprend environ

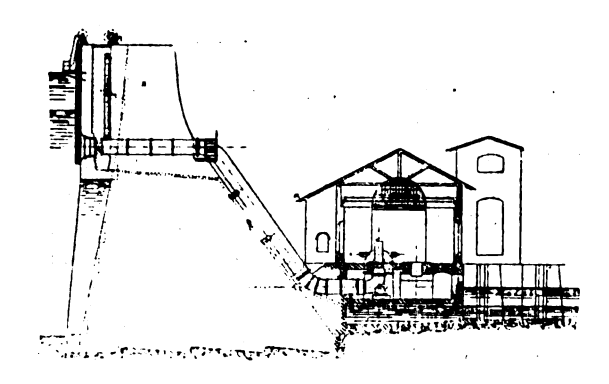


Fig. 2. — Coupe transversale du barrage.

40 000 m³ de maçonnerie, a une hauteur de 32 m, une base de 28 m de large sur 60 m de long et un développement en longueur à la crête de 120 m; pour plus de

solidité, il a été construit en forme cintrée de 300 m de rayon. Les moellons ont été extraits d'une carrière de granit à 300 m en amont du barrage, et le sable a été trouvé dans d'excellentes conditions dans la rivière même. Pour la confection du béton, on a employé de la chaux du Teil et exceptionnellement du ciment.

Pour la construction du barrage, on a percé dans la montagne une galerie de dérivation d'environ 80 m, ayant une section suffisante pour le débit de la rivière en temps de crue, et l'on a mis le chantier complet à sec au moyen de deux rangées de caissons à air comprimé, placées l'une en amont, l'autre en aval du barrage, à une distance de 52 m entre elles.

La retenue d'eau forme un lac de 7,5 km de longueur, avec une largeur moyenne d'environ 150 m; la quantité d'eau ainsi emmagasinée assurera le service pendant la période d'étiage. La Compagnie du Gaz a actuellement à l'étude une retenue supplémentaire de 10 000 000 m³ d'eau en amont de l'usine, qui sera construite dès que la consommation de courant électrique l'exigera.

I. — Usine génératrice

C'est la *Société anonyme Westinghouse* qui a été chargée de la construction des machines électriques et des turbines, et c'est elle qui a élaboré les plans pour la disposition générale de cette usine, qui répond aux principes actuellement admis pour une exploitation sans interruption et une sécurité absolue pour le personnel de service.

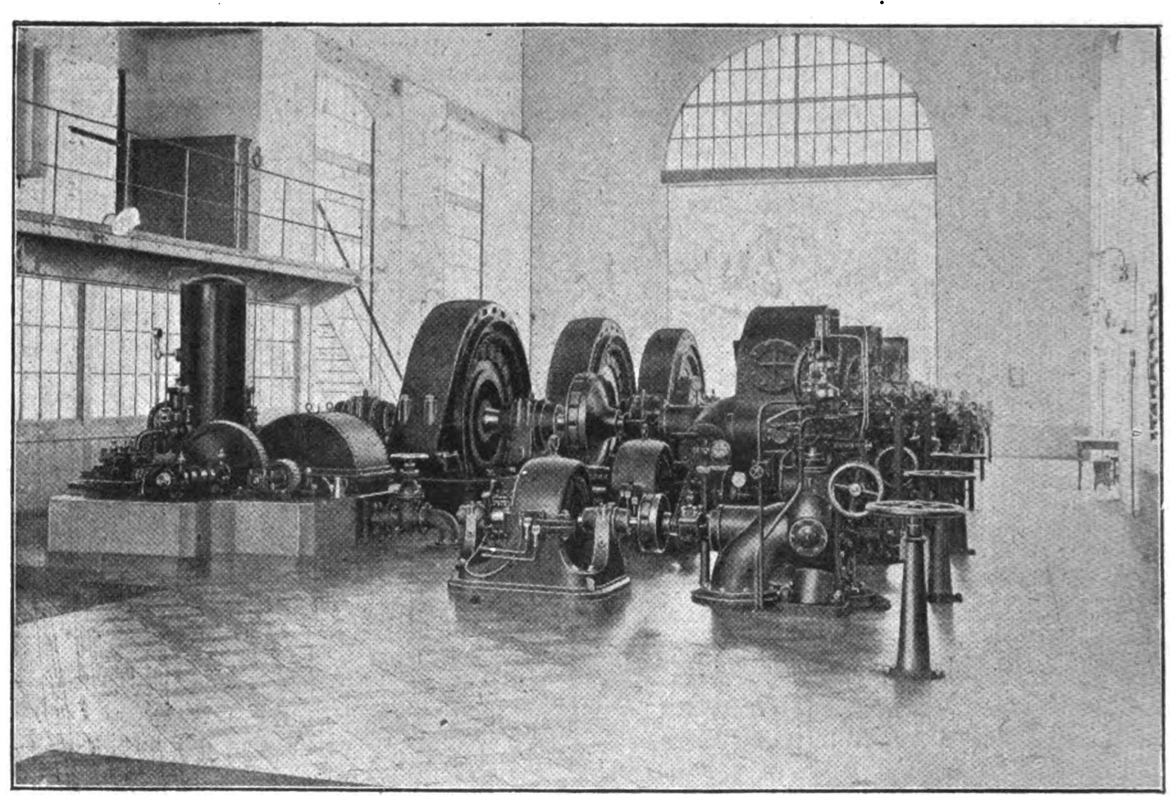


Fig. 3. — Salle des machines à l'usine génératrice de la Sioule.

L'usine se trouve directement en aval du barrage et elle comprend un hall spacieux de 44 m sur 12 m pour les unités principales, les excitatrices et les machines accessoires, et un avant-corps avec, au niveau de la salle des machines, la salle des transformateurs élévateurs de tension pour le transport d'énergie électrique. Au-dessus de cette salle, sur une estrade dominant la salle des machines, se trouve le tableau de commande et de distribution des alternateurs; derrière, dans une salle séparée, se trouve le tableau à haute tension en ciment armé. Au-dessus de cette dernière salle, est installée la salle des parafoudres et de départ des lignes.

Il résulte de cette disposition un câblage très simple, ce qui est de précieuse importance pour une station centrale.

La salle des machines est prévue pour six unités de 900 kilowatts chacune, dont une servira de groupe de réserve. Actuellement, trois unités et deux groupes d'excitation sont montés et en service.

Turbines. — Les turbines sont du système Francis, doubles, à axe horizontal, placées dans des bâches de tôle en spirale. Elles ont été construites au Havre, dans les ateliers de la Société Westinghouse, pour le compte de la maison Escher Wyss, de Zurich. Le distributeur d'eau consiste en aubes pivotantes, dont le réglage a lieu par leviers et tiges actionnés par un servo-moteur. Un régulateur à ressort, commandé directement par courroie

depuis l'arbre de la turbine et agissant sur une soupape, laisse pénétrer ou échapper sur l'un ou sur l'autre côté du piston de réglage, de l'huile sous pression. Cette dernière part d'un réservoir à air tenu sous une pression de 8 à 10 kg:cm², qu'une pompe spéciale alimente, et est dirigée vers la soupape de réglage. Cette pompe est actionnée par une petite turbine et aspire l'huile d'un réservoir situé dans le sous-sol, dans lequel l'huile retourne à mesure qu'elle s'échappe du servo-moteur.

Voici les principales caractéristiques de ces turbines :

Puissance, sous une chute de 21 à 25 m, en poncelets.	900
Vitesse angulaire, en tours par minute	333
Hauteur de chute, en m	21 à 25
Rendement garanti à pleine charge, en centièmes..	76
— à 3/4 de charge, — ..	80
— à 1/2 — — ..	75

Pour une variation successive de pleine charge à la

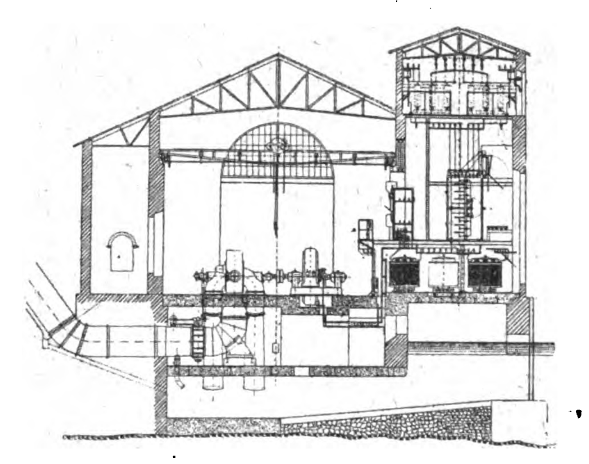


Fig. 4 — Coupe transversale de l'usine génératrice.

marche à vide, la variation de la vitesse angulaire est de 2 pour 100 au maximum.

En cas de variation brusque de la charge, les garanties sont les suivantes :

	Maximum en centièmes.
Pour 25 pour 100 de la charge, la variation de vitesse est de..	3
50 — — ..	5
100 — — ..	7

L'eau est amenée du barrage à chaque turbine génératrice par une conduite indépendante de 1,6 m de diamètre intérieur. Une grille verticale double placée devant chaque prise d'eau prévient l'introduction de corps étrangers dans les conduites et dans les turbines. Un treuil roulant, circulant sur une passerelle de service, permet de lever à volonté l'une ou l'autre des doubles grilles en vue de leur nettoyage. Chaque conduite est pourvue de deux valves à papillon, l'une devant la turbine, l'autre en haut derrière la prise d'eau.

Alternateurs. — Les alternateurs triphasés, construits par la Société Westinghouse dans ses usines du Havre, sont directement couplés aux turbines au moyen de manchons élastiques isolants système « Zodel ».

Puissance apparente des alternateurs, en kv-a.	1000
Tension, en volts.	1000
Vitesse angulaire, en t:m	333
Nombre de pôles.	18
Fréquence	50

Ces alternateurs sont du type à inducteurs tournants. La carcasse de l'induit est placée sur une base commune avec les deux paliers et elle peut être déplacée par rapport aux inducteurs parallèlement à l'axe de l'alternateur. Cette disposition permet la visite facile des enroulements sans devoir recourir au pont roulant.

L'enroulement induit est constitué par des barres de cuivre soigneusement isolées au mica et ensuite glissées dans des cannelures semi-fermées. Les tôles qui forment le fer induit sont recuites en vue d'une grande perméabilité magnétique et pour réduire au minimum les pertes dans le fer.

Les pièces polaires des inducteurs sont également en tôles recuites et encastrées par queue d'aronde dans un croisillon en fonte, claveté sur l'arbre de l'alternateur. Les bobines inductrices sont en cuivre méplat. Les inducteurs sont munis d'amortisseurs Leblanc assurant une grande stabilité pour la marche en parallèle.

Les garanties de régime pour ces alternateurs sont les suivantes :

Marche à pleine charge pendant 24 heures, température 40° (au-dessus de l'air ambiant);

Marche à 25 pour 100 de surcharge pendant 24 heures, température 50° (au-dessus de l'air ambiant);

Marche à 50 pour 100 de surcharge pendant 1 heure, température 60° (au-dessus de l'air ambiant), les surcharges étant appliquées après 24 heures de marche à la puissance normale.

Les garanties de rendement sont les suivantes :

A pleine charge, en pour 100.	94,0
A 3/4 de charge, —	92,5
A 1/4 de charge, —	90,0

Le courant d'excitation est produit par 3 excitatrices commandées chacune par une turbine. Actuellement, 2 excitatrices sont installées, fournissant, en outre, le courant d'excitation pour les unités en marche, celui nécessaire pour le chauffage et une partie de l'éclairage de la station.

La construction des turbines de commande de ces excitatrices est la même que celle des génératrices, avec la seule différence qu'elles sont simples et marchent dans des bâches en fonte. Leur puissance est de 57 poncelets, sous une chute de 21 à 25 m, et elles font 900 tours par minute.

Les excitatrices sont du type multipolaire de la Société Westinghouse.

Puissance, en kilowatts.	30
Tension, en volts.	125
Vitesse angulaire, en t:m	900
Nombre de pôles.	4
Enroulement.	Compound.

Les excitatrices sont accouplées aux turbines qui les commandent par des manchons élastiques système « Zodel ».

Le tableau de distribution à 1000 volts est placé sur une estrade dominant toute la salle des machines. Le tableau se compose d'un cadre rigide en fers cornières, sur lequel sont montés 13 panneaux en marbre blanc, dont 3 pour les excitatrices, 6 autres pour le service des alternateurs et 4 panneaux pour les transformateurs.

Sur le devant du tableau et à son sommet se trouvent les interrupteurs et disjoncteurs à rupture brusque sur charbons. Cette disposition écarte tout risque de piqûre d'étincelle sur les contacts en cuivre. Les contacts de rupture peuvent être facilement remplacés en cas d'usure. Les instruments de mesure sont du type thermique, apériodiques et d'une lecture très facile.

En dehors des ampèremètres et voltmètres, cette installation comprend des wattmètres indicateurs Westinghouse, prévus pour chaque alternateur mesurant la charge totale momentanée par machine en tenant compte du déphasage du réseau. Ces instruments permettent la détermination du facteur de puissance du réseau de distribution, et ils donnent surtout à chaque moment une indication exacte de la charge réelle à laquelle travaillent les alternateurs.

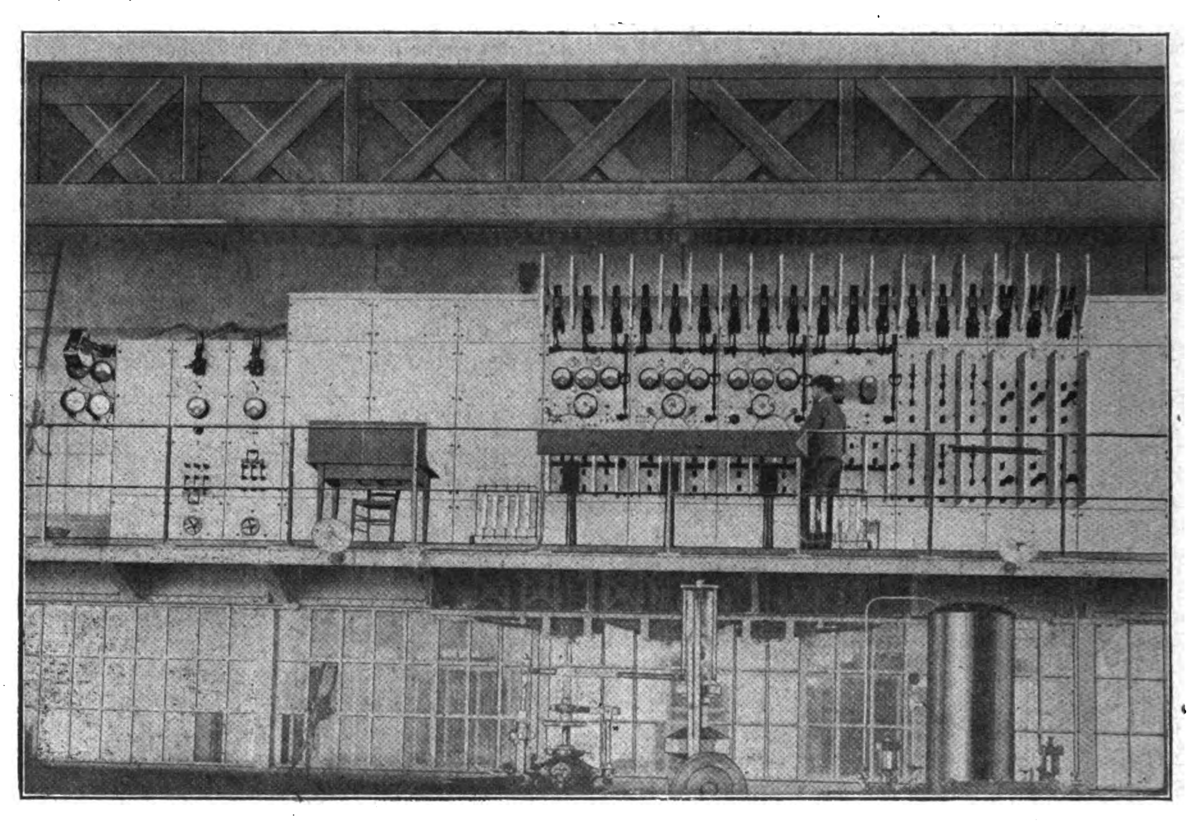


Fig. 5. — Tableau de distribution à 1000 volts dans l'usine génératrice.

Pour la mise en parallèle, on a prévu des synchroniseurs Westinghouse. Ces appareils ont la même forme que les instruments de mesure; ils possèdent une aiguille qui se trouve dans une position déterminée si l'alternateur a la vitesse et la tension pour la mise en parallèle.

Les connexions des différents appareils ont été prévues de manière à avoir partout deux jeux de barres collectrices, ce qui permet la marche séparée d'un certain nombre d'unités, soit pour la force motrice, soit pour la lumière. Cette disposition facilite, en outre, la manutention des tableaux de distribution et l'entretien des appareils.

La salle des transformateurs (fig. 6) est prévue pour recevoir quatre groupes de trois transformateurs à courant alternatif simple chacun, capable de transformer ensemble la puissance totale de la station. Actuellement, deux groupes de transformateurs et deux de réserve sont installés.

La puissance de chaque transformateur simple est de 375 kv-a, le rapport de tension étant de 1000/20 000 v, et la fréquence 50 périodes par seconde.

Les surcharges que ces transformateurs peuvent supporter sont les mêmes que celles des alternateurs, et leurs rendements garantis sont :

A pleine charge, en pour 100	. . . .	97,7
A 3/4 de charge, —	. . . .	97,7
A 1/2 charge, —	. . . .	97,1

Les enroulements primaires et secondaires des transformateurs sont formés de bobines plates disposées en éventail autour d'un noyau finement lamellé, et le tout est placé dans une caisse en tôle ondulée remplie d'huile. Par effet thermique, une circulation d'huile s'établit et le refroidissement des enroulements se produit automatiquement.

Les transformateurs sont connectés en triangle, au moyen d'interrupteurs à couteau, du côté haute et basse

tension. On peut ainsi mettre rapidement hors circuit un transformateur quelconque, sans défaire des connexions vissées ou soudées, et profiter, par la suite, d'un des avantages des transformateurs à courant alternatif simple. Chaque transformateur est placé sur un chariot permettant son transbordement rapide en cas d'avarie. A côté de la salle des transformateurs se trouve un petit atelier spécialement affecté au bobinage et aux isolements. La création de cet atelier de réparations était indispensable, principalement à cause des grandes difficultés occasionnées par le transport à la gare des pièces des machines endommagées, pour l'expédition au constructeur.

Pour les appareils et barres collectrices haute tension, on a construit un châssis en ciment armé, dans lequel les fils à 20 000 volts se trouvent séparés entre eux par des cloisons en ciment. Les disjoncteurs à 20 000 volts sont placés chacun dans une chambre incombustible, de même que les interrupteurs à couteau; dans les circuits des transformateurs sont intercalés des fusibles, type à perche, placés dans la partie supérieure de la charpente en ciment armé et séparés les uns des autres par des cloisons également en ciment.

Les disjoncteurs à 20 000 volts employés dans cette installation sont à rupture dans l'huile; ils fonctionnent automatiquement en cas d'excès de courant, mais on peut également les manœuvrer à la main. Le mécanisme de déclenchement automatique fonctionne dès qu'il y a un excès de courant sur une phase quelconque du système de distribution. Le déclenchement se fait par des relais actionnés par du courant à basse tension fourni par des transformateurs intercalés dans le circuit à 20 000 volts.

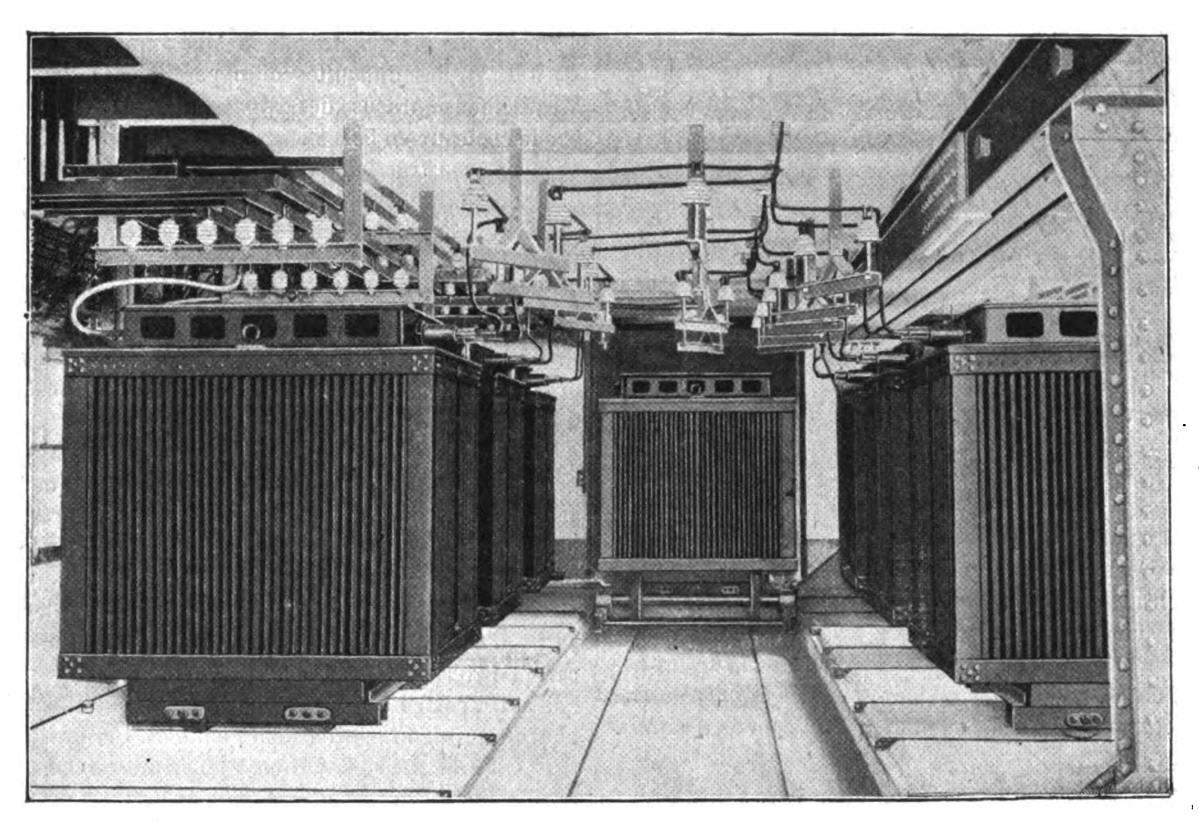


Fig. 6. — Salle des transformateurs élévateurs de tension à l'usine génératrice.

Des disjoncteurs, les fils montent dans la salle des parafoudres, où ils se trouvent connectés au réseau de distribution, composé de deux lignes triphasées à 20 000 volts, allant sur Clermont.

Dans le circuit principal sont intercalées des bobines de self-induction présentant une forte réactance aux décharges statiques sur la ligne aérienne et les rejetant dans les parafoudres, afin de protéger les machines et appareils de l'usine. Ces bobines sont constituées par un grand nombre de tours de rubans de cuivre, enroulés de façon à former une bobine plate d'assez grand diamètre, et dont les spires sont fortement isolées les unes des autres par du mica. Elles sont calculées de façon à assurer la plus grande protection, sans présenter de réactance sensible pour le courant normal, et sans une dépense considérable de cuivre; le refroidissement se fait très rapidement par rayonnement.

A la suite des bobines de self sont branchés sur la ligne et en dérivation vers la terre, des parafoudres à arcs multiples, système Wurts, dont le fonctionnement sera facilement compris en se reportant à la figure 7. A l'instant précédant une décharge atmosphérique, le potentiel s'élève et le courant franchit l'espace d'air ajustable G et les espaces série E ménagés entre électrodes en métal anti-arc. La décharge, qui a pu traverser les

espaces série G et E, franchit ensuite les espaces F, mais comme ces espaces sont shuntés par la résistance R, une partie du courant de la décharge passe par cette résistance, ce qui diminue l'intensité du courant dans F et, par suite, facilite l'extension de l'arc dans cette partie du circuit. La décharge continue à passer alors par les espaces G et E et les deux résistances R et S. Ces deux

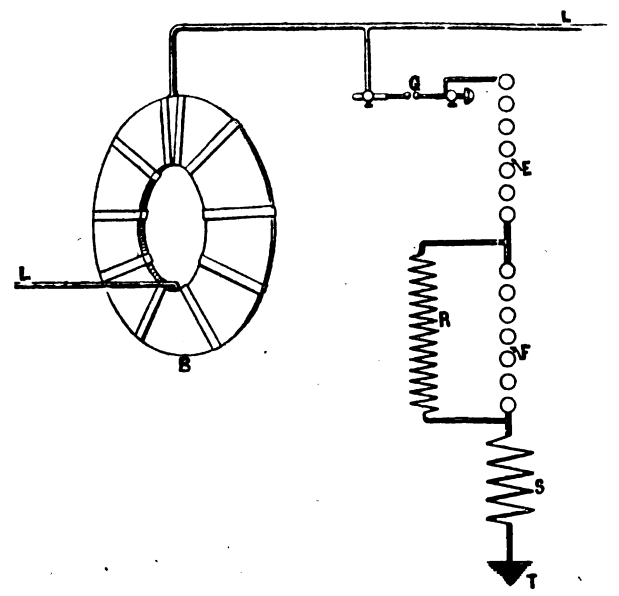


Fig. 7. — Connexions des parafoudres Wurts et des bobines de self pour 20 000 volts.

dernières étant en série diminuent l'intensité du courant à une valeur telle que l'arc ne peut plus se maintenir dans les intervalles série. Ces parafoudres sont d'une grande efficacité, et c'est grâce à leur bon fonctionnement que l'on a pu se dispenser d'en mettre sur les poteaux de la ligne, les parafoudres employés en plein air étant toujours dans l'exploitation une source d'ennuis.

II. — LIGNE DE TRANSPORT D'ÉNERGIE A 20 000 VOLTS

Le réseau de transport d'énergie comprend une ligne principale reliant l'usine hydraulico-électrique à la sous-station principale d'arrivée à Clermont, une ligne de branchement à haute tension allant de la cabine de Volvic à Mozac, une autre de Clermont-Ferrand à Pont-du-Château et enfin une série de branchements à une tension intermédiaire de 3000 volts.

La tension adoptée pour le transport d'énergie est de 20 000 volts, lequel donne, avec un poids de cuivre économique, une perte en ligne très restreinte. La distance à vol d'oiseau entre l'usine génératrice et la sous-station de Clermont est de 27,5 km, tandis que la longueur effective du tracé est de 30,1 km. La ligne est à 6 fils de 8 mm de diamètre chacun, formant deux systèmes triphasés destinés à marcher, séparément ou en parallèle. La perte ohmique de tension est d'environ 7 pour 100 pour la pleine charge de 5000 kw.

C'est la Société Westinghouse qui, à titre d'ingénieur-conseil, a établi les plans et dirigé l'exécution de cette ligne qui diffère très sensiblement, comme conception, des types de lignes à haute tension créées jusqu'à présent.

La ligne de la Sioule à Clermont-Ferrand présente à ce point de vue des nouveautés intéressantes. Elle est caractérisée plus spécialement par l'emploi sur tout le parcours de pylones métalliques à treillis et à base réduite, par l'adoption de grandes portées, par son passage en ligne droite à travers les propriétés privées, et par le choix d'un type d'isolateur offrant une grande sécurité.

Tracé. — La Compagnie du gaz avait étudié un premier projet, employant des poteaux en bois avec un tracé établi sur les routes; la longueur de la ligne aurait été d'environ 40 km. Vu les difficultés d'un pareil tracé, la Société Westinghouse proposa des pylones métalliques présentant sur les poteaux en bois les avantages suivants :

1° Une construction mécanique plus sûre et plus rigide;

2° Possibilité de placer les pylones à de très grandes distances, ce qui réduirait les frais d'isolateurs et d'expropriation pour un tracé en ligne droite à travers les propriétés privées;

3° Économie d'exploitation, car l'amortissement peut se faire dans un délai plus long et l'entretien est moins onéreux. En outre, la ligne étant plus courte, les pertes d'énergie seraient également moindres.

La proposition de la Société Westinghouse ayant été acceptée, il s'agissait d'employer des pylones d'une base aussi réduite que possible, étant donné que la partie de l'Auvergne traversée par cette ligne est caractérisée par une extrême subdivision de la propriété et que le problème des expropriations devient très complexe lorsqu'il s'agit d'enlever au petit propriétaire quelques mètres carrés de terrain.

D'autre part, les principes modernes conseillent l'emploi de ce qu'on appelle lignes doubles. Or, lorsque sur une ligne de transmission on a plusieurs circuits, il est recommandable de les placer en deux groupes assez éloignés entre eux, afin que l'on puisse exécuter les réparations sur un groupe sans couper le courant dans l'autre. L'importance de cette disposition apparaîtra de suite aux ingénieurs qui ont l'expérience des lignes à haute tension. Il suffit, en effet, qu'un isolateur se casse ou qu'un objet quelconque tombe ou soit jeté sur la ligne, pour qu'on soit obligé de laisser les fils correspondants sans courant. La durée de l'interruption peut prendre des proportions considérables si l'on pense qu'il faut d'abord trouver la place du défaut, y apporter le matériel nécessaire, exécuter les réparations et annoncer à la station centrale que tout est prêt à marcher.

Avec une ligne double, en cas d'accident à un fil, on met un groupe hors circuit et l'on continue à marcher avec l'autre sans devoir interrompre longtemps la fourniture totale du courant.

La manière la plus simple de construire une ligne double, si les poteaux sont en bois, c'est d'en planter deux à environ 2 m de distance entre eux et de les entre-

toiser par des traverses. Si les pylones sont en métal, on forme un chevalet de manière à profiter du moment d'inertie transversal pour la résistance à la pression du vent.

Dans le cas qui nous occupe, le chevalet étant inadmissible à cause des difficultés d'expropriation, comme nous l'avons vu plus haut, on a dû étudier un support spécial à base réduite pour ligne double, dont la figure 8 donne une idée.

Le support normal est calculé pour des angles ne dépassant pas 170° et des portées de 100 m ; cette distance est la plus économique, car elle donne le minimum de poids de fer par kilomètre. La base n'a que 60 × 60 cm et les axes des deux groupes de fils sont à 2 m entre eux. Le poids de ces pylones est de 810 kg.

Les pylones spéciaux de la ligne principale ne diffèrent pas des pylones normaux comme structure ; ils sont seulement construits avec des fers plus lourds.

On a adopté une disposition dissymétrique des deux groupes de fils par rapport à leur distance du sol. Cette disposition a été prise à cause de la grande longueur des portées ; avec des fils disposés à la même hauteur, on risquerait des contacts entre les fils, causés par le vent. Malgré le passage à travers des propriétés privées, les déviations du tracé et les inégalités des portées ont été assez nombreuses, de sorte que le nombre des pylones spéciaux a été supérieur à celui des normaux. Cette circonstance est due, en partie, aux propriétaires des terrains traversés qui ont obligé les constructeurs à faire des détours et à placer les poteaux en des points déterminés et en partie à la configuration du terrain de cette région montagneuse.

Le nombre total de pylones de cette ligne est de 304, dont 111 normaux, 34 de poids supérieur pour les angles de la ligne, 6 de hauteur inférieure et 153 de hauteur supérieure à la normale, soit à cause des inégalités du terrain, soit à cause des portées dépassant 100 m.

Les portées varient entre 30 et 155 m, la plus grande partie étant comprise entre 90 et 110 m ; la moyenne est de 98,7 m.

Pour déterminer la hauteur des pylones, il faut connaître la distance minima du sol à laquelle on doit tenir le fil inférieur ; dans le cas présent, on a choisi 6,5 m. La hauteur du point d'attache de ce fil est déterminée si l'on connaît la flèche correspondant à la température maxima de la région.

La détermination de cette flèche est obtenue par un calcul assez compliqué, basé sur la longueur du fil lorsqu'il est exposé à la température minimum de la région

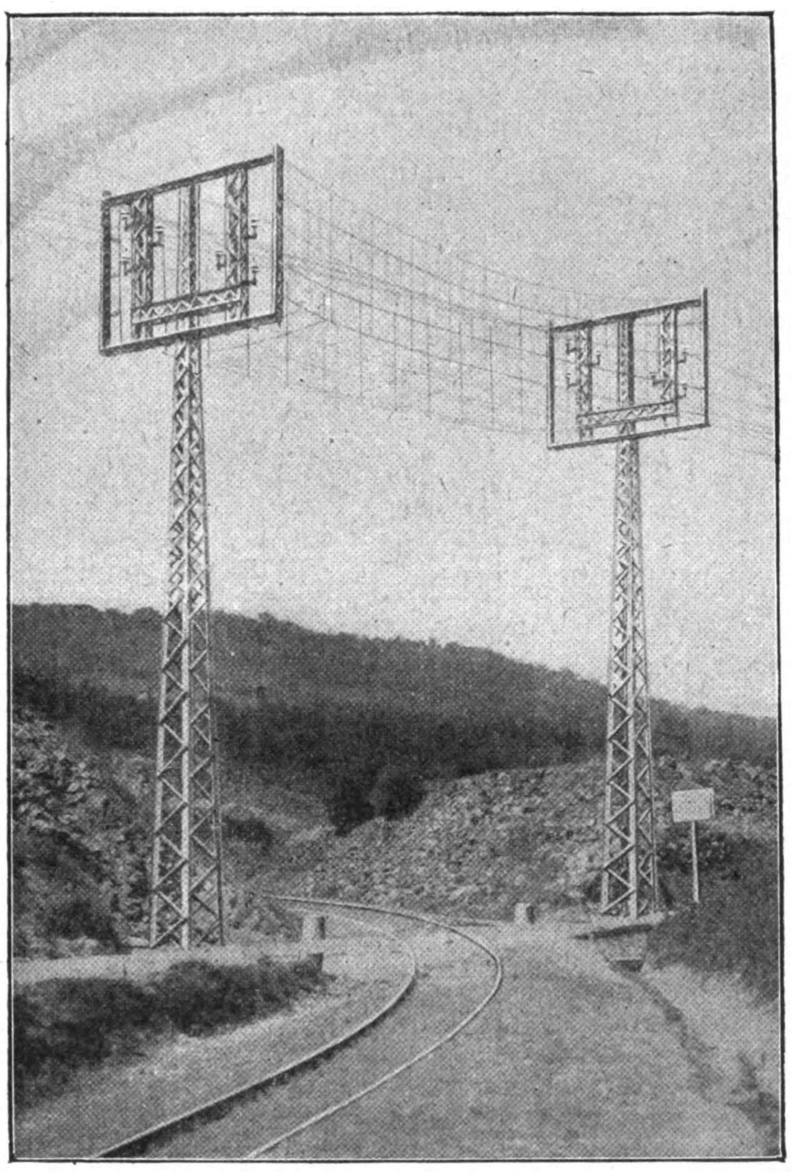


Fig. 8. — Filet de protection au-dessus d'une ligne de chemin de fer.

et que le fil est surchargé par le givre et par le vent. Lorsque le fil se trouve dans ces conditions, l'effort auquel il est soumis ne doit pas dépasser le coefficient de sûreté du matériel. Ainsi, pour un fil de cuivre de 8 mm et une portée de 100 m, la contrainte maxima admise a été de 10 kg : mm². La flèche résultante à — 15° avec surcharge est de 2,05 m et de 1,77 m sans surcharge, tandis qu'à la température maxima elle atteint 2,63 m. On peut ainsi déterminer assez facilement les efforts que les fils exercent sur les supports et prévoir ces derniers en conséquence.

Isolateurs. — Un grand soin a été apporté au choix d'un isolateur présentant à la fois de grandes qualités électriques et mécaniques.

Le type d'isolateur choisi est employé depuis cinq ans sur la ligne des transports d'énergie de Paderno-Milan. Cet isolateur offre toutes les garanties désirables pour une ligne de 25 à 30 000 volts, présentant donc *a priori* une sécurité considérable pour 20 000 volts, la tension de régime du transport d'énergie qui nous occupe. Il est composé de deux pièces qui, après essai, sont scellées ensemble avec un ciment à base de litharge et de glycérine. On obtient de cette façon une épaisseur de porcelaine à peu près homogène et la cuisson se fait d'une manière parfaite. En plus, entre le fil conducteur et la tête du porte-isolateur métallique, se trouvent quatre surfaces vitrifiées qui augmentent considérablement les qualités de l'isolateur.

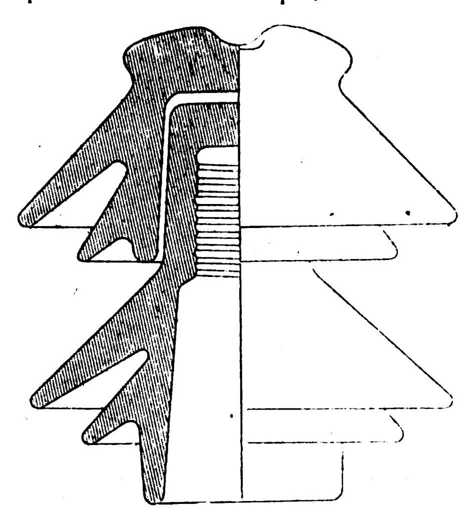


Fig. 9. — Isolateur normal de ligne.

L'essai électrique a été particulièrement sévère et a été effectué sur tous les isolateurs sans exception. Chaque moitié d'isolateurs était soumise à une tension de 44 000 v courant alternatif pendant un temps variant de 30 à 60 minutes, l'expérience ayant démontré que le percement en cas d'un défaut de matière ne se faisait souvent qu'au bout de 15 à 30 minutes.

Pendant l'essai, les pièces en porcelaine étaient placées dans un bac contenant de l'eau acidulée jusqu'à une certaine hauteur, l'intérieur de l'isolateur étant également rempli d'eau acidulée, et relié au transformateur d'essai par des tiges en cuivre plongées dans le liquide, le bac formant l'autre pôle. La majeure partie de l'isolateur était ainsi exposée à la tension d'essai.

La profondeur d'immersion de l'isolateur dans le liquide du bac était limitée par la formation d'effluves et de décharges allant directement de la tige de cuivre à l'eau du bac. On aurait pu cependant immerger l'isolateur davantage en prévoyant sur le bain d'eau du bac une couche isolante d'huile de 3 à 5 mm.

La figure 9 représente une coupe de l'isolateur normal de ligne, et la figure 10 une coupe d'un isolateur d'amarrage des fils aux extrémités de la ligne et dans les cabines de transformation.

Les consoles porte-isolateurs, d'un type spécial en acier moulé, sont fixées directement d'un côté au pylone et ont de l'autre côté la forme d'une tige pour recevoir l'isolateur. On en est arrivé, avec ce système, à supprimer tous les assemblages intermédiaires nécessaires dans le cas de l'emploi de tiges d'isolateurs ordinaires à écrou. Dans les angles très prononcés de la ligne, l'effort du tirage est réparti sur deux isolateurs.

Le nombre des cabines de transformation 20 000/3000 v, actuellement installées, est de 5, toutes de construction identique. Au rez-de-chaussée se trouvent les transformateurs avec leurs disjoncteurs 20 000 et 3000 v, tandis que la salle des parafoudres et de sectionnement se trouve au premier étage. Les transformateurs sont disposés sur un plan surélevé, afin que l'on puisse les enlever ou les y porter au moyen de camions. Ce plan se prolonge à l'extérieur et il est utilisé pour retirer les transformateurs de l'huile et exécuter sur place les petites réparations. Tout a été bien étudié dans ces cabines pour éviter tout danger aux personnes et pour assurer autant que possible la continuité du service.

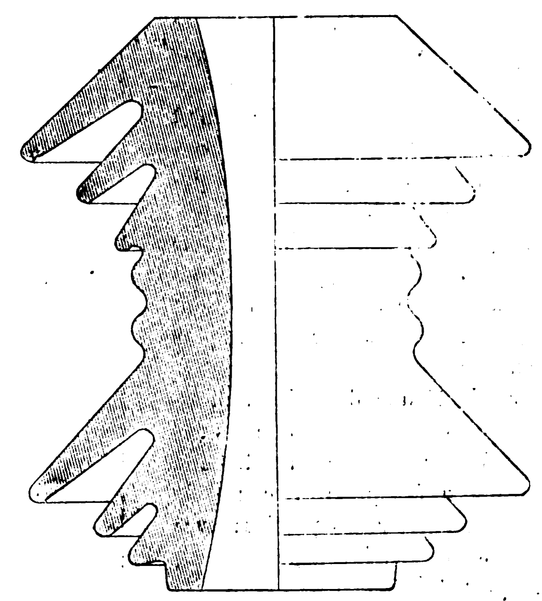


Fig. 10. — Isolateur d'amarrage des fils.

De la cabine de Volvic part une ligne à 20 000 v dérivée de la principale, et qui alimente la cabine de Mozac. De la cabine de transformation jusqu'à Volvic, les pylones portent 6 fils. A partir de Volvic, la ligne est à 3 fils de 4 mm de diamètre. Les poteaux sont à une distance moyenne de 90 m et pèsent 500 kg pour 6 fils, tandis que pour les 3 fils ils ne pèsent que 300 kg.

La figure 8 représente un filet de protection : ce filet est composé par des cordes d'acier tendues entre les poteaux et croisées tous les 6 m par une tige de fer en forme de L ; des fils d'acier, posés à 50 cm les uns des autres, sont intercalés entre ces tiges de fer. La construction est très rigide et indéformable.

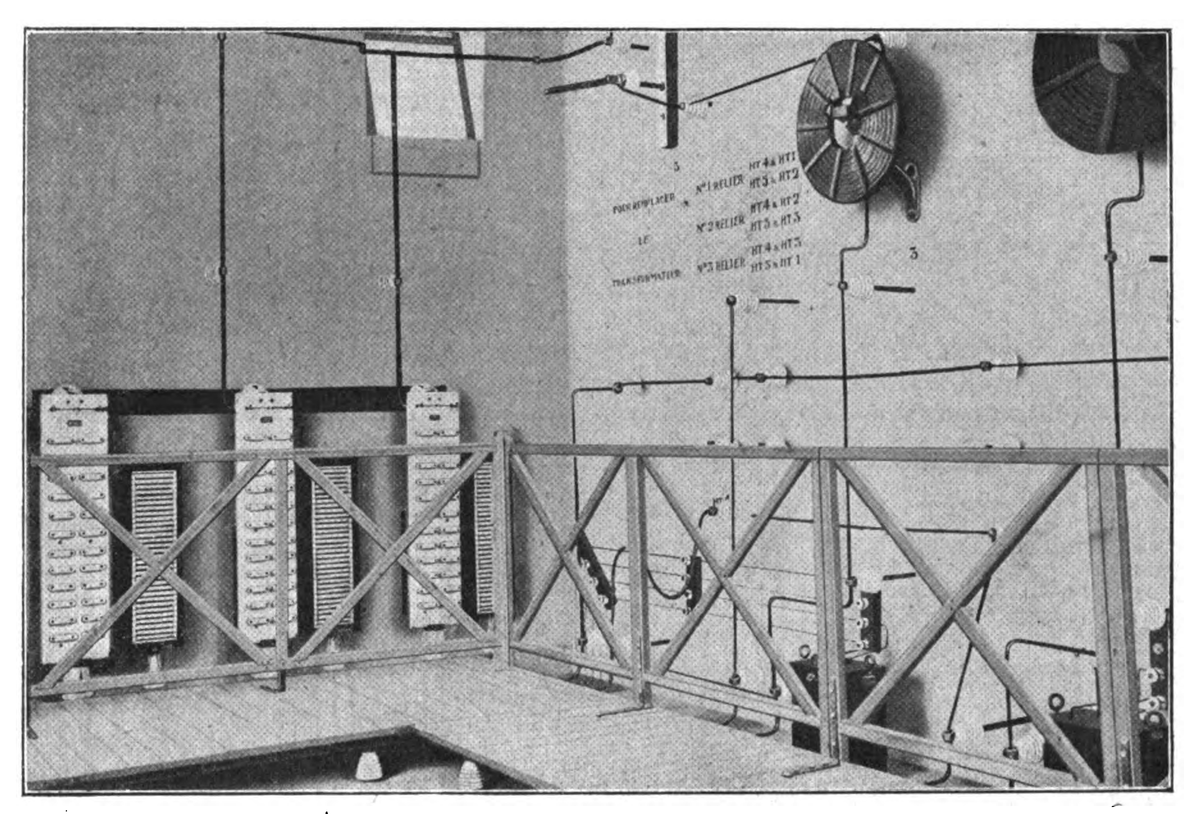


Fig. 11. — Salle des parafoudres et départ des lignes dans une cabine de transformation.

Protection statique de la ligne. — Un grand soin a été apporté à l'étude des parafoudres pour la protection de la ligne contre les décharges statiques.

Les parafoudres à cornes généralement employés ne sauraient présenter, même employés en grande quantité le long de la ligne, un degré de sécurité suffisant; en

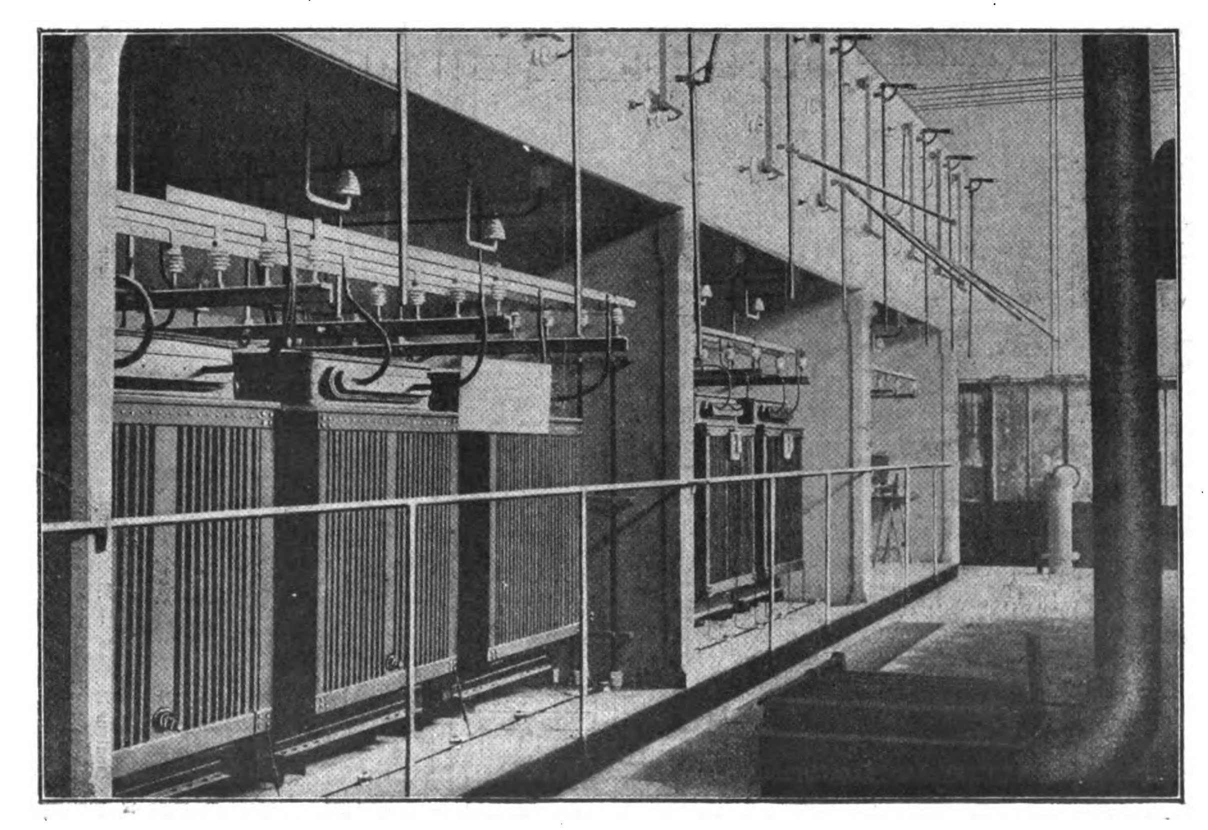


Fig 12. — Transformateurs réducteurs de tension à la sous-station de Clermont-Ferrand.

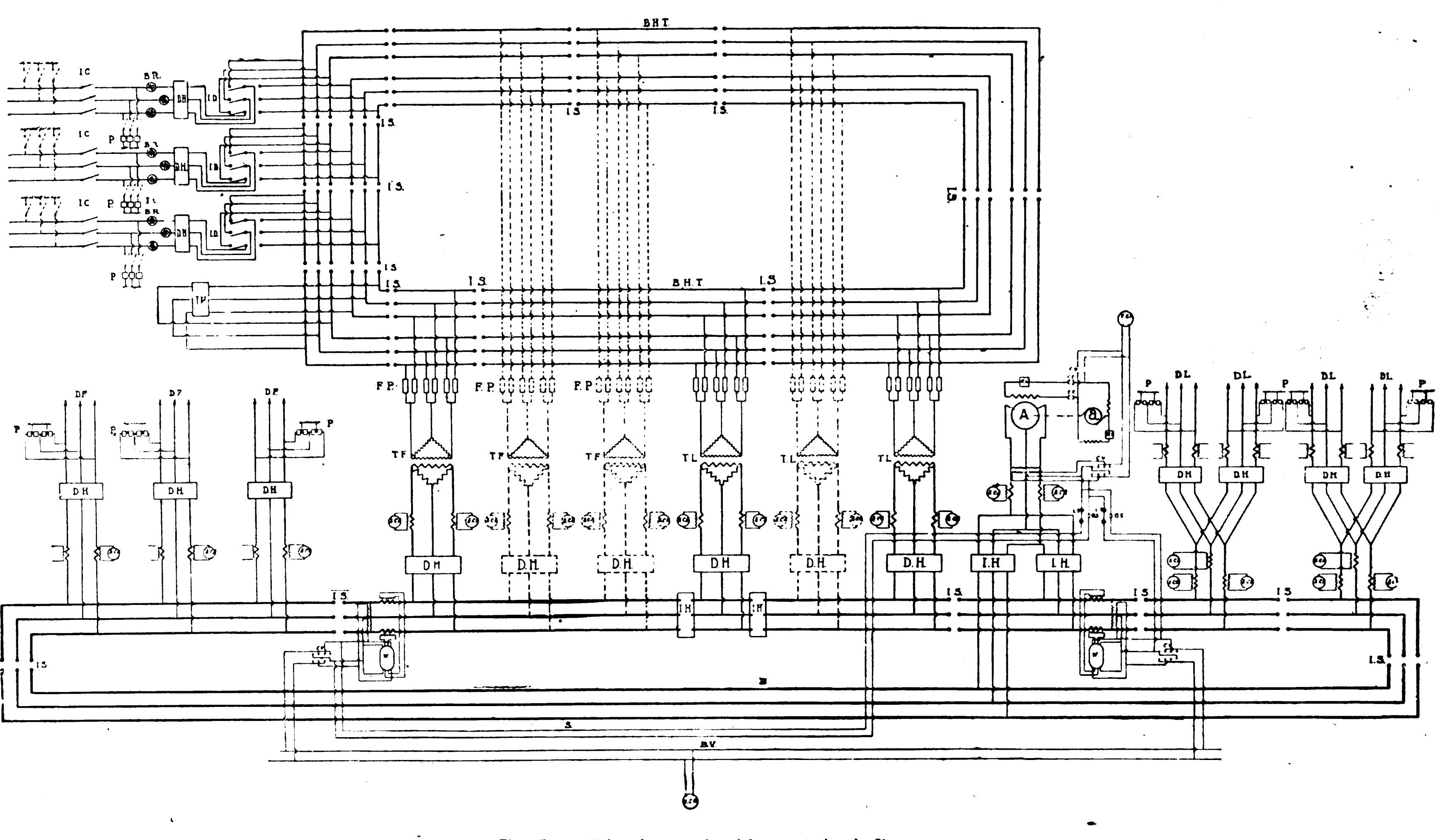


Fig. 13. — Schéma de connexions à la sous-station de Clermont.

IC, interrupteur à crochet. — BR, bobine de self. — P, parafoudre. — DH, disjoncteur à huile. — IS, interrupteur de section. — FP, fusible à perche. — TF, transformateur force motrice. — TL, transformateur lumière. — IH, interrupteur à huile. — A, alternateur de réserve. — *a*, excitatrice. — S, barres de synchronisme. — B, barres collectrices à 3000 v. — BV, barres de voltmètre. — BHT, barres haute tension. — ACA, ampèremètre courant alternatif. — LS, lampe de synchronisme. — BS, bouton de synchronisme. — CV, commutateur de voltmètre. — RE, rhéostat d'excitation. — FC, fiche de champ. — DF, départ force motrice. — DL, départ lumière. — W, compteur. — VCA, voltmètre courant alternatif.

outre, ces appareils montés directement sur les poteaux compromettent souvent le bon fonctionnement de la ligne, et demandent un entretien continu.

Avec le système de parafoudres préconisé par la Société Westinghouse, on a limité le nombre de ces appareils et on a pu les disposer dans les bâtiments servant à la production ou à la transformation du courant. De cette façon, ces appareils, d'une importance si grande pour le fonctionnement ininterrompu d'une ligne industrielle, se trouvent à l'abri des intempéries et des influences extérieures et on peut les contrôler et procéder avec facilité au peu d'entretien qu'ils demandent.

Comme bobines de self-induction, nous trouvons dans la plupart des stations une simple spirale formée par le fil de sortie des lignes. On ne saurait trop insister sur la nécessité qu'il y a de donner aux bobines de self des dimensions et les soins nécessaires pour assurer leur efficacité. Pour que ces bobines puissent créer un champ magnétique suffisant, il faut prévoir un nombre de spires relativement grand, enroulées sur un grand diamètre et fortement isolées entre elles, pour résister aux grandes oscillations de potentiel qui se produisent au moment d'une décharge atmosphérique. Ce n'est que dans ces conditions qu'une bobine de self-induction peut réellement offrir toutes les garanties.

III. — SOUS-STATION DE TRANSFORMATION DE CLERMONT-FERRAND

La sous-station de transformation de Clermont-Ferrand se trouve dans les dépendances de la fabrique du gaz. Installée dans un magnifique bâtiment de construction moderne avec charpente en acier et remplissage en briques, cette sous-station forme à elle seule une vraie petite usine. Son aménagement intérieur est particulièrement remarquable par la simplicité de câblage et le haut degré de sécurité pour les machines et les surveillants de la sous-station. Chaque groupe de trois transformateurs se trouve dans un compartiment séparé, dont les parois sont en béton armé. Le courant à haute tension arrive aux transformateurs par la partie supérieure de ces compartiments et chaque conducteur est séparé de son voisin au moyen de cloisons en ciment. Actuellement, trois groupes de transformateurs sont installés, chaque groupe étant composé de trois transformateurs monophasés à bain d'huile de 375 kv-a chacun, connectés en triangle. Leur rapport de transformation est de 20 000/3000 volts.

Les disjoncteurs automatiques à 20 000 volts (fig. 22) sont à rupture dans l'huile et ils se trouvent enfermés dans des compartiments incombustibles, ainsi que les

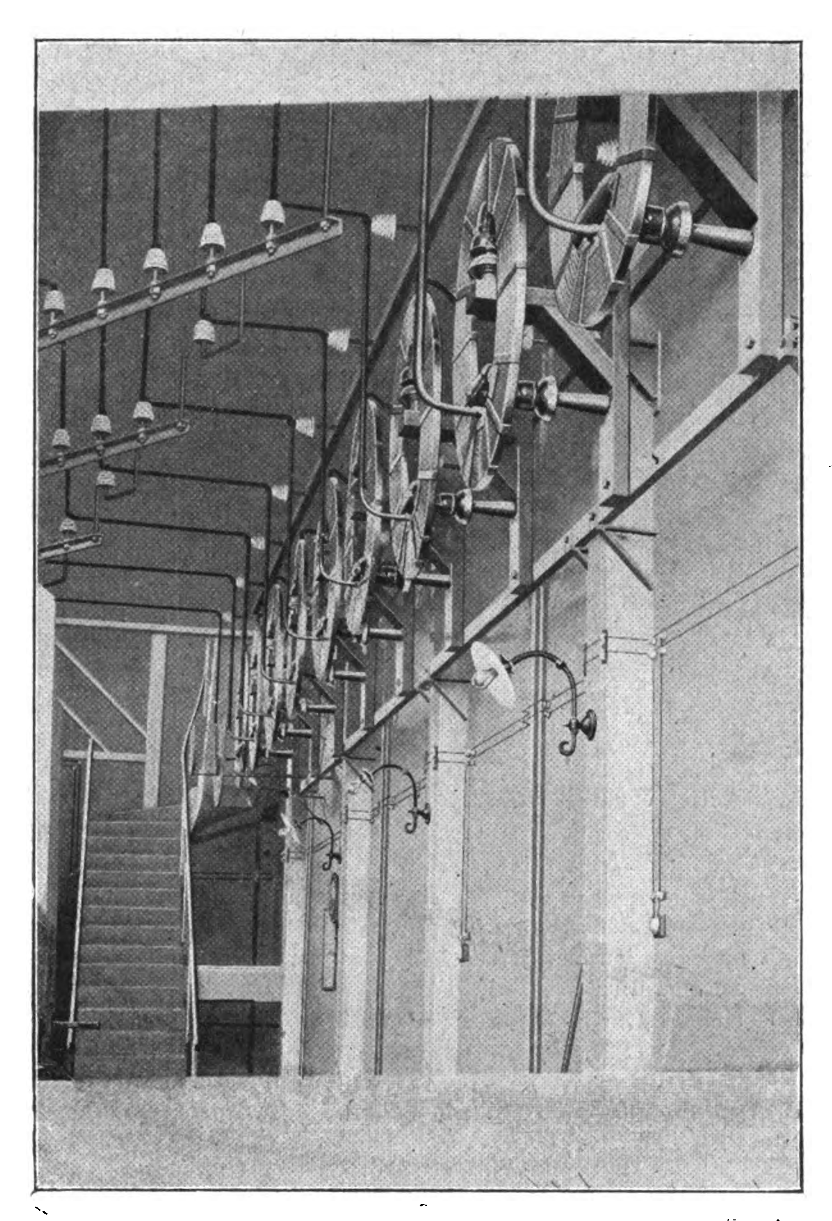


Fig. 14. — Bobines de self à la sous-station de Clermont.

transformateurs pour le courant d'excitation à basse tension des électros de déclenchement de ces disjoncteurs.

Le tableau de distribution à 3000 volts comporte 15 panneaux en marbre blanc répartis comme suit :

- 2 panneaux de feeders pour la lumière;
- 1 panneau d'alternateur;
- 3 panneaux de transformateurs pour lumière;
- 1 panneau de jonction des barres;
- 3 panneaux de transformateurs pour force motrice;
- 5 panneaux de feeders pour force motrice.

Les barres collectrices ainsi que tous les disjoncteurs et interrupteurs à huile avec leurs transformateurs sont placés dans des compartiments en ciment armé dans le sous-sol de cette sous-station, la commande des disjoncteurs et interrupteurs se fait depuis le tableau de distribution, au moyen de renvois. Cette disposition a été adoptée pour éviter la présence de courant à haute tension sur l'avant et l'arrière du tableau de distribution et éviter ainsi tout encombrement.

Les barres collectrices sont disposées en boucle et sont divisées en sections reliées entre elles au moyen d'interrupteurs.

La protection des machines de cette sous-station contre les décharges statiques dans la ligne à haute tension est assurée par des parafoudres Wurts et des bobines de self dont nous avons déjà décrit le fonctionnement plus haut. En outre, chaque transformateur est muni du côté des enroulements à 3000 volts de limiteurs de tension pour la protection des surtensions dangereuses qui pourraient se produire, autres que celles causées par les décharges statiques, et pour lesquelles les parafoudres Wurts ne seraient pas assez sensibles. Ces limiteurs de tension sont connectés entre les points milieux des enroulements des transformateurs et la terre. On voit sur la figure 12 ces appareils montés sur les caisses de transformateurs.

Dans cette sous-station est installé également un groupe électrogène de réserve destiné à assurer l'éclairage de Clermont et de Royat, dans le cas où il surviendrait un accident à la ligne à haute tension.

Ce groupe est formé par une machine à vapeur compound Willans-Robinson de 340 poncelets indiqués, commandant directement un alternateur Westinghouse de 315 kv-a à inducteurs tournants et excitatrice en bout d'arbre. Le courant produit par cet alternateur est du triphasé à 3000 volts, 50 périodes par seconde.

La vapeur est fournie par une batterie de deux chaudières système Babcock et Wilcox de 265 m² de surface de chauffe chacune, vaporisant ensemble en marche normale 7500 kg : h d'eau sous une pression de 12 kg : cm².

L. O.

LAMPE A ARC

A CHARBONS COURTS ET A MAGASIN

Cette lampe à arc, qui est une des plus intéressantes nouveautés présentées à l'Exposition de Londres, est probablement susceptible d'un certain succès industriel. Une des difficultés principales rencontrées dans l'emploi des lampes à flamme, est la consommation rapide et le prix élevé des charbons : il en résulte que, jusqu'à ce jour, il a fallu employer des charbons excessivement longs (600 et 800 mm par exemple dans la lampe de Kœrting et Matthiessen) pour une durée relativement courte. Dans l'un comme dans l'autre cas, la dépense devient élevée, soit pour le remplacement des charbons, soit pour la plus-value de la lampe et des charbons.

La lampe Oliver surmonte cet inconvénient au moyen d'un magasin contenant un certain nombre de charbons courts; le modèle présenté à l'Exposition de Londres contenait 8 à 9 paires de charbons de 30 cm. Ces charbons sont de très petit diamètre, mais la section de la mèche de ces charbons est relativement plus élevée que dans les lampes à flamme ordinaires. On a trouvé que dans certaines limites il y a intérêt à augmenter cette section de mèche, pour accroître le rendement, mais il est malheureusement reconnu aussi que plus cette mèche est développée, plus l'usure est rapide. Les charbons de la lampe Oliver s'usent rapidement, mais ils se remplacent facilement à l'aide du magasin.

Quant à la composition des charbons, on sait qu'ils renferment du silicate de potassium et du fluorure de calcium ou fluorure de chaux, qui favorisent, l'un la flamme, l'autre la coloration de cette flamme.

On gagne encore, par l'emploi de petits crayons, de pouvoir utiliser des charbons de qualité médiocre, sans compromettre la stabilité de l'arc. Chaque charbon brûle 5 heures, et le prix des charbons consommés ne dépasse pas 0,009 fr par heure dans une lampe de 9 ampères.

Il est quelque peu difficile de décrire sans figure le magasin de la lampe Oliver. Il est composé en principe de deux boîtes plates inclinées de 22°. Dans chacune des boîtes sont maintenus les charbons sous la pression de ressorts spiraux. Le premier charbon, touchant la face inférieure de la boîte, est soumis à une pression de haut en bas qui le fait passer par une ouverture pratiquée au bas de la boîte.

La pression est communiquée à ce charbon par une pièce solidaire d'une chaîne sans fin, qui provoque l'alimentation de la lampe ou le défilage du charbon. Cette chaîne sans fin porte une seconde projection analogue, qui atteint la partie supérieure du magasin quand la première projection atteint la partie inférieure, c'est-à-dire après consommation du premier charbon : la seconde projection joue donc, par rapport au second charbon, le rôle de la première par rapport au premier, et met en service ce second charbon après consommation de l'autre.

L'amorçage se fait de façon assez curieuse, par le déplacement angulaire du magasin, articulé à cet effet sur la partie supérieure de la lampe. Un électro-aimant en provoque le déplacement, soit pour amorcer l'arc, soit pour en régler la longueur.

Dans sa position extrême ce magasin met en marche, par un contact d'iridium, un mécanisme interrupteur qui met en mouvement les roues dentées commandant la chaîne, et provoque ainsi l'avancement des charbons.

Pour éviter les frottements, on a monté la chaîne et le levier d'articulation du magasin mobile sur une suspension à couteau. Enfin l'arc se fait à l'intérieur d'un réflec-

teur de porcelaine évidé au centre et étudié de manière à faciliter le tirage, pour le dégagement des vapeurs par la partie supérieure.

Les charbons étant inclinés à angle plus faible que dans les lampes du même genre existant jusqu'à ce jour, aucun aimant de soufflage n'est nécessaire; l'arc fonctionne sous 35 volts et une résistance de stabilité absorbe 5 volts supplémentaires, de sorte que 5 lampes peuvent fonctionner en série sous 200 volts, avec un courant de 9 ampères. Ces conditions de marche représentent 360 watts par lampe, et les inventeurs prétendent que le flux lumineux d'une telle lampe est bien supérieur à celui d'une lampe ordinaire consommant 500 watts.

L.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Les applications de l'électricité à l'hygiène. — M. le Dr Alexander, officier de santé à la municipalité de Poplar, a récemment proposé d'employer de l'eau salée électrolysée pour la désinfection. Son but est en effet de faire revivre le procédé Hermitte, dont on a beaucoup entendu parler il y a onze ans. On sait que ce procédé fut adopté en plusieurs endroits, en Angleterre et à l'étranger, et on l'emploie encore à Ipswich et à l'hôpital de la marine à Nettey. Il n'y a aucun doute de l'efficacité du liquide électrolysé comme agent de stérilisation et de désinfection rapide; aussi la question se réduit simplement au coût et à l'entretien d'une telle exploitation. Le Dr Alexander a donné des chiffres qui indiquent une grande économie et qui montrent que le prix de revient de 1 m^3 de liqueur désinfectante (en produits chimiques et énergie électrique) ne s'élève qu'à 6,75 fr. On ne donne pas le coût de la main-d'œuvre et des frais d'amortissement, mais si on en tenait compte, le prix doublerait.

On ne se propose pas encore de faire la désinfection, mais simplement de distribuer ce liquide en bouteilles au lieu des autres agents de désinfection qu'on emploie jusqu'à présent.

Le Pyrophone. — A l'Exposition d'électricité de l'Olympia, on remarquait beaucoup d'appareils pour la protection contre l'incendie, et en particulier ceux de la Compagnie du Pyrophone sont très intéressants.

Le pyrophone donne d'abord un appel en cas de danger, et puis un signal en cas d'incendie; il y a aussi un appel de détresse, dans le cas où l'appareil cesserait de fonctionner, car un appareil destiné à prévenir un incendie, s'il ne marche pas, est une grave source de danger.

Le détecteur consiste en un organe à dilatation différentielle et une partie fixe. Le premier a la forme d'un tube de verre fermé, à moitié rempli de mercure, au-dessus duquel est un liquide qui peut bouillir, mais à point d'ébullition très bas. Une branche du tube est recouverte d'un isolant; deux fils de platine entrent dans la branche non isolée, et l'un d'eux va à la branche isolée du tube détecteur.

L'appareil fonctionne à circuit fermé, une élévation soudaine température cause l'évaporation du liquide volatil, ce qui fait descendre le mercure au-dessous du premier fil, rompant ce circuit-là et donnant un signal indiquant le danger; si l'élévation continue, le mercure vient au-dessous du deuxième fil, il donne alors l'alarme de l'incendie. La portion fixe du détecteur est d'une construction pareille, mais les fils d'entrée et de sortie sont disposés un peu différemment; on obtient aussi un appel de danger et d'incendie. Les parties différentielles et fixes sont connectées en série avec l'appareil indicateur, et elles sont montées sur un socle en porcelaine recouvert d'un écran; l'encombrement de l'appareil est de 11 cm sur 7,5 cm.

Dans l'appareil indicateur, il y a deux relais montés à la partie inférieure. Le relais de droite a deux armatures, dont l'une bascule lorsque le circuit de danger auxiliaire se rompt, et l'autre lorsque le circuit du deuxième fil donne l'appel d'incendie. Si, par des causes mécaniques, une rupture totale se produit dans le circuit, on a prévu un circuit local qui fait tomber un indicateur de dérangement au lieu de l'appel d'incendie. Lorsque ces trois appels ont été donnés, un indicateur auxiliaire de groupe tombe, indiquant le local exact où se produit l'incendie. Pareillement, des indicateurs de « terre » et de « batterie » tombent dans le cas d'un mauvais fonctionnement dans ces directions. L'appel d'incendie est accompagné par la mise en marche d'une cloche puissante, tandis que pour les autres appels, une sonnerie plus faible se fait entendre.

La grue électrique du port de Durban. — Le 29 août, on a installé une grande grue électrique sur le quai de Durban, pour remplacer les grues hydrauliques dont on s'était servi auparavant. On l'emploie actuellement dans le chantier où se trouvent les grands blocs de béton en vue de soulever et de transporter ces lourds matériaux qu'on emploie dans la construction des murs du quai. L'énergie électrique est fournie par la station centrale du port, qui fonctionne à 500 volts.

La grue est une des plus grandes du monde: elle a été fournie par MM. Stothert et Pitt, de Bath, et l'installation électrique est de MM. Bruce Peebles and Co. La grue a un bras latéral de 43 m, la largeur de l'espace qu'elle couvre est de 40 m^2, et elle peut élever une masse de 20 tonnes à la vitesse de 3 m par minute. Le chariot qui circule au haut de la grue pèse plus de 90 tonnes; il est muni de quatre séries de moteurs fonctionnant sous 500 volts. Ils sont du type ventilé spécialement prévus pour le travail de la grue. On emploie des balais en charbon sur les moteurs, et il n'est pas nécessaire de les déplacer pour n'importe quelle variation de charge car jusqu'au maxi-

mum, il n'y a jamais d'étincelles. La résistance de démarrage du moteur qui doit soulever la charge est du type à ruban plat, les combinateurs sont du type tramway, et les coussinets des moteurs sont graissés au moyen de bagues. Les câbles isolés sont recouverts de plomb, et le courant est transmis au chariot au moyen d'une prise qui glisse sur deux fils de trolley supportés par des isolateurs fixés à l'intérieur de la grue, immédiatement audessous du rail.

Toutes les roues du chariot sont folles; le moteur d'élévation a une puissance de 15 kilowatts et le moteur de déplacement latéral de la charge est de 8 kilowatts seulement. Deux moteurs de 30 kilowats sont montés à chaque extrémité de la base de la grue pour la faire déplacer. Ces moteurs sont étudiés en vue de donner six vitesses de translation de 30 m à 90 m par minute. On réalise tout cela au moyen du combinateur situé à l'intérieur de la cabine de manœuvre.

Tous les moteurs ont des freins puissants reliés électriquement avec les excitations; on trouve que ce procédé est très efficace, parce que si le courant manque pour une cause quelconque, les freins seront mis tout de suite en action. En plus, le moteur de soulèvement a des freins à main.

La mise en place de la grue a été exécutée avec la plus grande rapidité, ce travail n'a demandé que deux mois. fondation est une construction importante en béton de 3,9, 1,8 et 1,35 m. Le coût du travail entier, y compris la grue et les moteurs s'éleva à 337 500 fr. La grue ellemême, qui a un poids de 95 000 kg, fut dressée tout d'une pièce sur les rails. Ce travail difficile fut accompli au moyen d'échafaudages et de crics hydrauliques.

Une nappe électrique. — Parmi les objets exposés à l'exposition d'électricité de l'Olympia il s'en trouvait plusieurs pour montrer l'application de l'électricité dans la vie domestique, et entre autres il y avait une nappe électrique au moyen de laquelle on peut disposer des candélabres sur la table sans avoir l'incommodité des fils traînant au-dessus.

Le système a l'apparence d'un nappe ordinaire. En réalité il consiste en une nappe en tissu, au-dessous de laquelle sont cousus, à des intervalles réguliers, des rubans ou galons métalliques, et le tout se termine par un cordon flexible qu'on peut relier à une prise de courant située sous la table; sur cette sous-nappe métallique il y a une nappe en tissu dont un des côtés est caoutchouté en vue de la rendre imperméable à l'eau, et qui recouvre complètement les galons métalliques.

Les candélabres que l'on doit illuminer sont munis d'une petite longueur de fil souple et une prise de courant est attachée à côté de l'appareil dans le cas où on n'emploie pas le fil souple.

Les connecteurs consistent en deux pointes aiguës métalliques, attachées au cordon souple ou à la base du candélabre; ces pointes servent à transmettre le courant des galons métalliques de l'intérieur de la nappe aux lampes, car il n'est besoin que de piquer les pointes sur la nappe pour faire le contact nécessaire. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 23 octobre 1905.

M. A. Lefranc demande l'ouverture d'un pli cacheté, déposé par lui le 15 juillet 1902, et contenant l'indication du moyen de diriger à distance, au moyen de la télégraphie sans fil, tout appareil muni d'un moteur sur terre et sur mer.

Dans une lettre, adressée à M. le Secrétaire perpétuel, il ajoute quelques explications plus détaillées sur le moyen qu'il a imaginé.

Le pli cacheté est ouvert en séance par M. le Président et renvoyé, avec les explications complémentaires de l'auteur, à une Commission composée de MM. Mascart et Cailletet.

Sur le pouvoir inducteur spécifique de la benzine et de l'eau. — Note de M. F. Beaulard, présentée par M. Lippmann. — D'après l'hypothèse Poisson-Mossotti, relative à la constitution des diélectriques, hypothèse adoptée par Faraday dans ses recherches, un diélectrique peut être regardé comme constitué par des particules sphériques de conductibilité parfaite, disséminées dans un milieu isolant parfait, de telle sorte que, dans un champ électrique. les seules particules sphériques se polarisent. Si maintenant on néglige, avec Poisson, l'action réciproque des particules conductrices par induction mutuelle, en les regardant comme assez éloignées les unes des autres pour ne pas réagir. il est évident que la direction de polarisation électrostatique de chacune d'elles est constamment parallèle à la direction du champ inducteur et que, par suite, le diélectrique se trouve en équilibre, quelle que soit sa situation relativement aux lignes de force du champ polarisant : en particulier aucun mouvement de rotation ne peut avoir lieu. Or l'expérience montre qu'il n'en est rien; L. Grætz et L. Fomm ont signalé un phénomène de polarisation en contradiction avec l'hypothèse fondamentale de la théorie de Poisson-Mossotti : un corps placé dans un champ électrostatique uniforme, et dissymétriquement par rapport aux lignes de force, subit un mouvement de rotation qui tend à disposer dans la direction du champ la plus grande dimension du corps (*Wied. Ann.*. t. LIII, 1894). Il est facile de se rendre compte qu'il doit en être ainsi; en effet, les particules sphériques polarisées dans le champ réagissent les unes sur les autres, de telle façon que les axes d'électrisation de chacune des sphères ne sont, en réalité, ni parallèles entre eux, ni parallèles aux lignes de force du champ; les sphères conductrices,

considérées isolément, ne sont donc pas en équilibre; chacune d'elles est soumise à un couple partiel; l'ensemble de tous ces couples donne donc un couple résultant qui tend à placer l'axe moyen commun du système, c'est-à-dire la direction de l'axe résultant d'électrisation, parallèlement aux lignes de force du champ. Ainsi une conséquence des réactions réciproques des particules sphériques est que la direction de l'axe de polarisation résultant, pour un corps dissymétriquement placé dans le champ électrique, ne coïncide pas avec la direction de la force, mais se rapproche de l'axe de plus grande susceptibilité de polarisation, qui coïncide en général avec la plus grande dimension du corps.

J'ai utilisé la relation donnée par L. Græetz pour déterminer la constante diélectrique des liquides; à cet effet, le liquide étudié est introduit à l'intérieur d'un mince ellipsoïde en verre; le champ électrique utilisé est un champ hertzien; il est facile de voir que, grâce aux inversions rapides, les charges libres que peut posséder le diélectrique sont sans action; il n'en est pas de même de l'hystérésis, surtout avec le verre, mais on réduit son effet au minimum en observant par la méthode du miroir, et déduisant α des premières élongations.

La self-induction des fils du champ de concentration, qui relient les bornes de la bobine d'induction aux armatures du condensateur, et la capacité de celui-ci, permettent de trouver la longueur d'onde de l'oscillation électrique, à laquelle se rapporte k.

La longueur de l'étincelle au micromètre explosif, placé en dérivation sur les fils, permet de calculer la différence de potentiel efficace.

Pour tenir compte de l'effet dû à l'enveloppe vitreuse, on fait chaque fois une expérience à vide, et, comme l'enveloppe est mince, on admet qu'il y a simplement addition des effets quand on remplit le récipient ellipsoïdal.

J'ai opéré avec de la benzine pure (traces de thiophène); l'angle α est de l'ordre du quart de degré; pour une longueur d'onde de 50 m environ, j'ai trouvé :

$k = 1,700$ (1re série, 16 expériences),

$k = 1,615$ (2e serie, 8 expériences),

ce qui donne une moyenne $k = 1,657$; il semble en résulter que, pour cette longueur d'onde, le pouvoir inducteur de la benzine passe par un minimum.

J'ai également opéré avec de l'eau aussi pure que possible; j'ai trouvé $k = 11,04$, nombre bien plus faible que le nombre admis d'ordinaire; on trouverait peut-être l'explication de cette divergence dans l'intervention de la capacité de polarisation, qui n'intervient pas dans mes expériences, et qui, dans les méthodes d'oscillations fermées sur des condensateurs formant électrodes, peut intervenir pour fausser le résultat; il est à remarquer que les travaux de Drude conduisent à admettre, pour de pareilles longueurs d'onde, un affaiblissement de la constante diélectrique.

Je me propose, pour éviter les effets d'hystérésis, de reprendre ces expressions avec un récipient ellipsoïdal en quartz.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

---

352 868. — **Reimann.** — *Système commutateur* (31 mars 1905).

352 720. — **Jeantaud.** — *Électrode triangulaire* (25 mars 1905).

352 748. — **Wagner.** — *Inducteurs pour l'obtention dans les dynamos à courant continu de forces électromotrices ou de vitesses très variables* (27 mars 1905).

352 749. — **Siemens Schuckert Werke.** — *Appareil de démarrage à cylindre distributeur pour moteurs d'induction* (27 mars 1905).

352 759. — **Basset.** — *Générateur thermochimique d'électricité* (27 mars 1905).

352 770. — **Gesellschaft für Elektrische Zugbeleuchtung.** — *Dispositif pour l'excitation et le réglage des dynamos* (27 mars 1905).

352 803. — **Compagnie générale électrique.** — *Dispositif de compoundage d'alternateurs synchrones au moyen d'un transformateur à champ tournant* (28 mars 1905).

352 785. — **Société Land und Seekabel-Werke.** — *Dispositif de sûreté contre les excès de tension pour câbles électriques* (28 mars 1905).

352 794. — **Little.** — *Appareil contrôleur pour interrupteurs électriques* (28 mars 1905).

352 747. — **Schmidt.** — *Procédé de fabrication de corps métalliques à parois minces pour la galvanoplastie* (25 mars 1905).

352 789. — **Price, Cox et Marshall.** — *Électrodes pour fours électriques* (28 mars 1905).

352 852. — **Potthoff.** — *Appareil de galvanoplastie* (30 mars 1905).

352 751. — **Société française d'incandescence par le gaz.** — *Perfectionnements aux lampes électriques à incandescence à filaments d'osmium* (27 mars 1905).

352 797. — **Beuttell.** — *Perfectionnements au système de montage des lampes électriques à incandescence* (28 mars 1905).

352 956. — **Ehrlich et Konrad.** — *Dispositif de protection hygiénique pour appareils téléphoniques* (4 avril 1905).

353 080. — **Société des glaces de Saint-Gobain, Chauny et Cirey.** — *Condensateurs électriques à l'usage de la télégraphie sans fil ou autres* (6 avril 1905).

353 112. — **Troy Telegraph Construction C°.** — *Récepteur d'ondes électriques* (7 avril 1905).

353 120. — **Société Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie.** — *Éclateur pour décharges électriques, spécialement pour la télégraphie sans fil* (7 avril 1905).

352 879. — **Pohl et la Société the Phœnix Dynamo Manufacturing Company Limited.** — *Machine électrique avec aimants de commutation disposés dans les zones neutres* (31 mars 1905).

353 105. — **Oppermann.** — *Perfectionnements aux plaques de batteries secondaires* (5 avril 1905).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Est-Lumière. — Compagnie d'électricité de l'Est-Parisien. — L'Assemblée générale ordinaire de cette Société s'est tenue le 26 octobre dernier, sous la présidence de M. Gentil, président du Conseil d'administration.

Durant l'exercice écoulé le Conseil s'est particulièrement occupé des négociations engagées avec les municipalités en vue d'obtenir, en échange d'un abaissement de tarifs, la prolongation des concessions jusqu'à la date uniforme du 31 décembre 1940. Les avenants modifiant ainsi les traités existants ont été acceptés au cours de cet exercice par les communes de Maisons-Alfort et de Joinville. De ces deux avenants, le premier est homologué et le deuxième est actuellement soumis à l'approbation de M. le Préfet de la Seine.

Toutes les autres communes, sauf celle d'Alfortville, ayant accepté antérieurement cet avenant, il ne reste plus à régler cette question qu'avec cette dernière commune.

Les tarifs réduits ont été, en fait, appliqués dans presque toutes les concessions de la Société pendant la durée entière de l'exercice et malgré cette diminution de tarif, l'augmentation des recettes de l'exercice 1904-1905 a été relativement importante.

Le Conseil a de plus poursuivi ses négociations avec les municipalités des communes voisines qui étaient encore en dehors des concessions et il a réussi à conclure des traités avec les communes de Choisy-le-Roi, Vitry-sur-Seine, Thiais, Montrouge et Nogent-sur-Marne. Les contrats de Choisy-le-Roi, de Vitry-sur-Seine et de Montrouge ont été homologués par M. le Préfet de la Seine; les deux autres sont également soumis à son approbation.

Tous ces traités expirent le 31 décembre 1940.

La construction des réseaux de Choisy-le-Roi et Vitry-sur-Seine était terminée dans les derniers jours de juin 1905 et la Société a pu commencer immédiatement l'exploitation.

Il a été en outre passé un contrat avec la Compagnie du gaz de Montreuil qui détient le monopole de la distribution du gaz et de l'électricité dans cette commune, en vue de lui fournir le courant électrique nécessaire pour cette distribution.

A l'usine centrale le sixième groupe électrogène a été mis en place, de sorte que la puissance électrique se trouve installée dans les conditions qui avaient été prévues; mais le développement de la clientèle oblige déjà la Société à prendre les dispositions nécessaires en vue d'augmenter cette puissance.

La puissance des transformateurs installés sur les réseaux de la Société et en service au 30 juin 1905 est de 3888 kw.

A la même date, la longueur des canalisations primaires et secondaires en service était de 376,8 km.

La longueur au 30 juin 1904 des câbles d'alimentation aériens haute tension était de 36,8 km; cette longueur n'est plus que de 1,9 km au 30 juin 1905, par suite de la transformation du réseau de la commune de Saint-Maur-les-Fossés où la canalisation aérienne haute tension a été remplacée par une canalisation souterraine.

Pendant l'exercice 1904-1905, le nombre des polices signées, défalcation faite des polices résiliées, a augmenté de 1729, représentant 16 000 lampes de 10 bougies pour l'éclairage et 938 kw pour la force motrice.

Le nombre total des polices en service au 30 juin 1905 est de 6110, représentant pour l'éclairage 81 400 lampes de 10 bougies et 2 687 kw pour la force motrice.

Ces chiffres comparés à ceux relevés au 30 juin 1904, donnent pour le nombre total de polices en service une augmentation de 1458, représentant pour l'éclairage 14900 lampes de 10 bougies et 643 kw pour la force motrice.

Les résultats de l'exploitation se traduisent par 430 229,24 fr de bénéfices, contre 348 460,67 fr pour l'exercice précédent.

Voici comment s'établit la situation financière de la Société :

BILAN AU 30 JUIN 1905

Actif.

Usine centrale	3 455 359,83 fr.
Réseaux	4 738 357,99
Feeders	1 767 787,66
Frais de constitution	22 501,10
Frais de premier établissement	221 766,51
Obligations (émission différée)	984 000,00
Marchandises générales	279 139,18
Cautionnements aux communes	53 250,00
Caisse et banquiers	184 794,05
Débiteurs divers	137 364,06
Frais d'émission	536 570,00
Primes de remboursement	346 400,00
Total	12 707 290,38 fr.

Passif.

Capital actions	4 000 000,00 fr.
Obligations	6 928 000,00
Obligations non émises	984 000,00
Dépôts de garantie	39 998,65
Créditeurs divers	364 980,63
Coupons d'obligations	155 875,92
Obligations sorties au tirage	72 000,00
Profits et pertes	162 437,18
Total	12 707 290,38 fr.

Après avoir laissé entendre que les bénéfices de l'exercice en cours permettront la distribution d'un dividende, le Président a fait adopter par l'Assemblée les résolutions suivantes :

Première résolution. — L'Assemblée, après avoir entendu la lecture du rapport du Conseil d'administration et du rapport des commissaires des comptes, approuve le rapport et les comptes de l'exercice 1904-1905 tels qu'ils sont présentés par le Conseil d'administration.

Deuxième résolution. — L'Assemblée, conformément aux stipulations de l'article 17 des statuts, confirme la nomination comme administrateurs de MM. Boyer, Dreyfus-Brodsky et Sarasin.

Le mandat de ces administrateurs expirera en même temps que celui des autres membres du Conseil d'administration, c'est-à-dire à l'Assemblée générale chargée d'examiner les comptes de l'exercice 1905-1906.

Troisième résolution. — L'Assemblée donne quitus de sa gestion à M. Goubaux, administrateur décédé.

Quatrième résolution. — L'Assemblée, conformément aux stipulations de l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867, donne aux administrateurs toutes autorisations en ce qui concerne les traités et marchés à passer entre la Compagnie et les Sociétés dont ils sont administrateurs ou directeurs.

Cinquième résolution. — L'Assemblée nomme commissaires, chargés de la vérification des comptes pour l'exercice 1905-1906, MM. Minvielle et Urruty avec stipulation qu'en cas de décès, empêchement ou démission de l'un d'eux, il n'y aura pas lieu de pourvoir à son remplacement.

Elle fixe à 600 fr, l'allocation attribuée à chacun d'eux.

M. Alexandre est nommé commissaire suppléant.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

56 337. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

14e Année. — N° 334 — 25 Novembre 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

MM. les Abonnés dont l'abonnement expire fin décembre sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE 9, rue de Fleurus, à Paris, en un mandat-poste, le renouvellement de leur abonnement.

INFORMATIONS

Règlements anglais pour l'établissement des lignes aériennes. — Le *Board of Trade* d'Angleterre vient de faire connaître ses nouveaux règlements visant l'établissement des lignes électriques à conducteurs aériens. Les articles en sont les suivants :

1. *Distance maxima entre supports.* — Pour les supports en bois d'une ligne aérienne, la distance ne doit pas dépasser 60 m, et, en cas de changement de direction de la ligne, cette distance doit être réduite à 45 m entre poteaux successifs.

Si les poteaux sont d'autres substances que le bois, les anciens règlements restent en vigueur.

2. *Facteur de sécurité.* — Tout support d'une ligne aérienne doit être convenablement étayé contre les tensions non équilibrées, provenant des changements de direction des lignes ou des inégalités de longueur des portées adjacentes. Le facteur de sécurité doit être au moins égal à 5 pour les lignes, à 10 pour les poteaux en bois, à 6 pour les poteaux en fer ou acier, en supposant que la pression du vent soit d'au moins 240 kg : m². On ne suppose aucune addition à ce chiffre en prévision de la neige.

3. *Point de fixation des lignes aériennes.* — Aucune stipulation précise ne règle le mode de fixation sur isolateurs, si ce n'est la recommandation qu'en cas de disjonction la ligne ne s'écarte pas en tombant de son support.

4. *Hauteur au-dessus du sol.* — Les lignes établies ultérieurement ne devront jamais s'élever de moins de 6,75 m au-dessus du sol, sauf concession spéciale. Elles ne devront être accessibles qu'avec une échelle, et, dans le cas des lignes à haute tension, ne croiser aucune route à moins de 7,5 m au-dessus du sol.

5. *Lignes à trois fils.* — Les conducteurs positif et négatif doivent être placés côte à côte au-dessus du fil neutre. Celui-ci doit comporter deux fils placés côte à côte et à une distance plus grande que celle qui sépare les conducteurs positif et négatif.

Les deux conducteurs neutres doivent être reliés à chaque portée par un conducteur transversal qui rend impossible, en cas de rupture des fils positif et négatif, la chute de ces fils sans contact avec le neutre.

6. *Ligne à deux conducteurs.* — Dans le cas d'une ligne d'alimentation à deux conducteurs, si le conducteur négatif est relié à la terre, le conducteur positif doit être placé au-dessus du conducteur négatif, de manière que la rupture provoque sûrement le contact.

7. *Ligne de service alimentée par une ligne aérienne.* — Ces lignes doivent aller aussi directement que possible aux isolateurs, et sont maintenues hors de portée directe des abonnés, c'est-à-dire qu'on ne doit y pouvoir atteindre qu'avec une échelle. Tout conducteur placé à moins 1,8 m d'un bâtiment doit être recouvert d'un isolant efficace.

8. *Croisement des rues.* — Au croisement des rues les lignes aériennes doivent faire avec la direction de la rue un angle, qui ne soit pas inférieur à 60°, et la traversée doit être aussi courte que possible.

9. Dans les croisements de structures métalliques, les entrepreneurs doivent éviter que la rupture de la ligne provoque un contact entre cette ligne et les constructions métalliques.

10. *Suppression de la tension en cas d'incendie.* — Au cas où une ligne à haute tension dépasse 800 m, il faut prévoir, pour le cas d'un incendie ou de tout autre accident, la suppression de la tension dans les parties de la ligne avoisinant des bâtiments ou passant au-dessus d'eux.

11. *Entretien des lignes aériennes.* — Tout le matériel électrique relié à la ligne doit être surveillé et entretenu rigoureusement au point de vue électrique et mécanique.

12. *Ligne hors d'usage.* — Toutes les fois qu'une ligne cesse de servir à l'alimentation des réseaux électriques, on doit la démonter, à moins qu'on ne justifie de l'intention de la remettre en service dans un délai raisonnable. P.

Lampes Nernst. — Dans notre numéro 305 du 10 septembre 1904 dans lequel nous publions la statistique des Stations centrales d'électricité, nous faisions remarquer que les distributions à 220 volts n'avaient pas pris le développement qu'on était en droit d'en attendre, ce fait paraissant tenir à ce que les lampes à incandescence à 220 volts ne sont pas encore très courantes.

Or il nous est signalé depuis, que la lampe Nernst a pris une place prépondérante sur tous ces secteurs à 220 volts; des progrès très sérieux ont été réalisés dans la fabrication de cette lampe qui fait une concurrence très sérieuse aux becs à gaz à incandescence. Nous sommes satisfaits d'enregistrer le succès de cette lampe électrique si remarquée à ses débuts à l'Exposition universelle de 1900.

Statistique des tramways et chemins de fer aériens dans les États-Unis d'Amérique à la fin de 1904. — Le *Street Railway Journal* donne, d'après les comptes rendus administratifs, les renseignements suivants :

Il y a en tout 993 lignes, et la longueur totale de ces lignes atteint 47 280 km. Le nombre des voitures motrices est de 59 625, celui des remorques 6900, et celui des voitures de service, 5475.

Il y a en outre des lignes où la traction a lieu au moyen de divers systèmes (tramways funiculaires, à vapeur, à chevaux), dont la longueur totale atteint 1022 km, exploitées au moyen de 1357 locomotives et 2447 voitures à voyageurs. La longueur totale de tous les tramways est de 48 200 km, et le nombre total des voitures, de 75 904. Le capital actions de l'ensemble des Sociétés est de 8810 millions de francs, le capital obligations, de 7280 millions de francs. Les colonies américaines Hawaï, Porto-Rico et les Philippines ont 80 km de lignes électriques, l'île de Cuba 85 km, tandis que le Canada a un réseau de tramways électriques de 1380 km, et possède 65 km de tramways exploités autrement.

Accidents mortels dus à l'électricité. — La *Zeitschrift für Elektrotechnick* du 1er octobre donne les rapports des conseillers d'industrie prussiens, concernant les accidents mortels dus à l'électricité et fait remarquer qu'eu égard à l'emploi presque général de l'électricité, le nombre d'accidents est peu important.

Le conseiller Théobald, de Düsseldorf, signale deux cas qui se sont produits à des grues actionnées électriquement. Un conducteur de grue a été tué en touchant d'une main la canalisation à haute tension et de l'autre la construction en fer de la grue. La canalisation était isolée à proximité du conducteur, et l'on ne pouvait atteindre la partie non isolée qu'en se livrant à une vraie gymnastique. Le deuxième cas se rapporte à un conducteur de grue, qui, contrairement à ce qui avait été convenu avec son compagnon de travail, a nettoyé des contacts pendant que celui-ci s'était rendu à l'emplacement un peu éloigné où se trouvait le commutateur, afin de rétablir le courant. Les autres accidents dus à l'électricité n'ont pas été graves, ils consistent en grande partie en brûlures aux mains, ou la figure, dues souvent à la défectuosité des interrupteurs ordinaires; ceux à huile ont donné partout de bons résultats.

Le conseiller Schüler, du district de Hildesheim, rapporte un cas qui intéresse les stations centrales munies de moteurs à gaz. Dans une station centrale municipale, où sont installés des moteurs à gaz, le mécanicien en chef fut informé que, dans la cave où passent les conduites de gaz, on sentait une forte odeur de gaz. En se rendant dans la cave pour examiner les conduites, le chef mécanicien manœuvra l'interrupteur d'éclairage par incandescence de cette dernière, et à ce moment se produisit une explosion de gaz; le chef mécanicien fût brûlé de telle sorte qu'il en mourut. On constata que les cloches de sûreté des lampes à incandescence de la cave étaient intactes et on dut attribuer l'explosion à une étincelle de l'interrupteur qui cependant était placé sous couvercle.

Le conseiller Oppermann, du district d'Arnberg, signale un cas mortel causé par une perceuse électrique transportable dont les poignées n'étaient pas bien isolées; la tension du courant triphasé était de 220 v seulement.

Le conseiller Bruno, du district de Lignitz, cite le cas qui s'est produit dans une filature de Grünberg (Silésie) lors du nettoyage d'une chaudière avec tubes à feu. On employa 5 lampes à incandescence munies de corbeilles de protection fonctionnant avec du courant alternatif à 120 v (le primaire est à 10 000 v). A cause de la chaleur, les ouvriers travaillant à l'intérieur de la chaudière étaient forcés de faire des pauses fréquentes, à un moment donné ils virent un de leurs camarades qui tenait à la main une lampe, tomber foudroyé. Lors de l'enquête, on constata que dans le porte-lampe, il manquait le manchon isolant en porcelaine, de sorte que ce porte-lampe n'était pas isolé. On explique la mort par le courant à 120 v, par le fait que l'homme, âgé de 43 ans et très bien constitué, était en sueur et que ses habits étaient mouillés. On constata plusieurs brûlures sur la poitrine.

A Berlin on a constaté un cas de mort, par défaut d'isolement d'un moteur triphasé à 190 v, et les camarades effrayés oublièrent complètement de procéder aux soins d'usage. Le rapport fait du reste remarquer que ce fait est excessivement rare, puisqu'il y eut à Berlin en service 12 935 moteurs d'une puissance totale de 35 000 kw; outre ce cas on n'a constaté que 28 accidents de peu d'importance consistant pour la plupart en brûlures.

Transmission à vis sans fin. — Les *Ateliers d'Oerlikon* construisent depuis deux ans environ des châssis de tramways dans lesquels les moteurs électriques transmettent le mouvement aux roues par l'intermédiaire de vis sans fin.

Le système a donné de très bons résultats sur la ligne Zurich-Seebach. Les axes des moteurs suspendus au châssis sont disposés parallèlement à la voie; le dispositif de transmission est placé vers l'extérieur, de manière à pouvoir être facilement surveillé et remplacé. Les vis sans fin sont fabriquées en acier durci et tournent dans des paliers à billes. Les deux vis ont un pas de 120 mm et un diamètre de 72 mm. Les roues engrenant avec ces vis ont un diamètre de 459 mm et ont une couronne en bronze à 36 dents. Le rapport de transmission est de 1 à 12. Le graissage des vis est assuré par l'intermédiaire de bagues. Entre chaque moteur et sa vis est installé un accouplement élastique. Le rendement de cette transmission mesuré dans diverses conditions a toujours été très satisfaisant; de sorte que l'opinion unanimement

exprimée qu'une telle transmission a un mauvais rendement doit être abandonnée. Le bon rendement doit être attribué au choix judicieux de l'angle d'attaque.

Un nouveau microphone. — La presse technique et les journaux politiques ont parlé dernièrement d'un nouveau microphone imaginé par M. Quirino Majorana. L'*Elettricista* de Rome publie à ce sujet une note de l'inventeur que nous reproduisons ci-après et qui met les choses au point. Voici le texte de cette note signée de M. Majorana :

« Quelques expériences de transmissions téléphoniques à grande distance que j'ai eu l'occasion d'effectuer pendant ces derniers mois ont fourni l'occasion, principalement aux journaux politiques, de publier des informations qui, le plus souvent incomplètes, ont fourni des renseignements de nature à donner une fausse idée de la portée et du but poursuivi dans ces essais. Je continue actuellement mes expériences et je regrette que les publications non techniques aient pu à l'avance porter des jugements ou émettre des avis plus ou moins prématurés.

« Depuis la découverte du microphone, les appareils réalisés jusqu'à présent sont presque tous fondés sur l'emploi de contacts imparfaits en charbon, et, actuellement, les microphones que l'on trouve dans le commerce sont presque tous constitués par de la grenaille de charbon disposée entre deux pièces conductrices dont une, au moins, est susceptible d'entrer en vibration.

« Il suffit de parcourir la plupart des traités ou manuels de téléphonie pour constater qu'il se construit un très grand nombre de types différents de microphones à grenaille ou à poudre de charbon et qu'il serait difficile de réaliser actuellement un nouveau type de microphone à grenaille pouvant donner de meilleurs résultats que ceux que l'on connaît actuellement.

« Sans parler des types spéciaux de microphones construits par quelques maisons pour actionner des téléphones haut parleurs, je ferai remarquer que les microphones Bailleux, employés par l'administration des télégraphes d'Italie, lorsqu'ils sont convenablement employés peuvent donner une intensité 20 à 25 milliampères pour un son de 500 vibrations par seconde. Ce résultat, qui n'a rien de nouveau, représente la limite maximum d'intensité que l'on peut atteindre avec ces appareils et avec tous ceux du même genre que l'on pourra encore réaliser.

« J'ai eu récemment l'occasion d'expérimenter un nouveau type de microphone qui diffère complètement de tous ceux qui jusqu'à ce jour ont été pratiquement employés. Il est ondé sur les contractions capillaires que les vibrations produisent sur un jet liquide et qui ont été étudiées, il y a environ 20 ans, par Chichester Belt. Ces contractions de la veine liquide produisent des variations de résistance dans un circuit électrique et permettent par l'intermédiaire d'une bobine d'induction, d'obtenir des courants téléphoniqnes qui, dans de bonnes conditions peuvent atteindre, pour des sons de 500 périodes par seconde. une intensité de 100 milliampères et plus. La netteté de la reproduction de la parole obtenue avec ce nouveau microphone ne laisse plus rien à désirer actuellement, grâce à de récents perfectionnements, et il peut soutenir la comparaison avec les microphones usuels.

« Ce type de microphone, dont pour le moment je ne donne pas une description complète, doit encore être l'objet pendant quelque temps d'essais suivis; le dispositif qui le constitue est plus compliqué comme construction que celui des microphones usuels à charbon, mais l'intensité exceptionnelle des courants qu'il produit est de nature à la rendre applicable dans tous les cas où l'intensité des microphones à charbon se trouve être trop faible. »

Station électrique municipale à New-York. — Une commission a été nommée par la ville de New-York pour étudier la question de la création d'une nouvelle usine électrique et elle a élaboré un plan et établi un devis à cet effet.

La longueur totale des rues de la ville est de 1170 km et il n'y a actuellement que 470 km éclairés électriquement. Pour les 700 autres km ils le sont actuellement au moyen de 28 000 becs de gaz. On devra installer 15 000 lampes à arc de 7,5 A. On a besoin d'environ 300 000 lampes à incandescence de 16 bougies dans les établissements de l'État et municipaux; en outre, jusqu'à présent dans les établissements publics il y a environ 600 moteurs électriques d'une puissance de 750 kilowatts et 140 moteurs à gaz d'une puissance totale de 450 kilowatts. La station centrale à installer aura une puissance de 20 000 kw. On a prévu qu'elle fournirait du courant triphasé à 11 000 v et 60 périodes à la seconde desservant 9 sous-stations à installer dans le district de Manhattan et 5 dans le district de the Bronx.

Dans ces sous-stations seront installés des transformateurs qui desserviront des lampes à arc en série pour l'éclairage des rues. D'autres transformateurs doivent abaisser la tension à 2200 v, et un réseau secondaire à courant alternatif simple sera desservi à cette tension. En certains points de ce réseau la tension sera abaissée à 250 v, et on pénétrera dans les maisons par une canalisation à 3 fils.

Le réglage de la tension se fera à la main dans les sous-stations. La centrale qui doit être installée à Manhattan sera reliée par des câbles à haute tension à la centrale de Queens. Toutes les sous-stations pourront être reliées à cette centrale, et les sous-stations de Queens et Brooklyn devront pouvoir être reliées directement à la station de Manhattan. La municipalité a déjà acheté les terrains pour la station centrale, où on installera des turbines à vapeur. On estime la dépense totale à 38 millions de fr, c'est-à-dire 1760 fr par lampe à arc et 765 fr par kw dépensé pour les lampes à incandescence; les frais pour la station centrale seule s'élèveront à 14,4 millions de fr. Les lampes à arc exigeront annuellement une énergie de 28,5 millions de kw-h et les lampes à incandescence 5,6 millions. En admettant un rendement de 80 pour 100, la station centrale devra produire annuellement 43 millions de kw-h.

Si le kw-h revient à l'usine à 3,5 c, aux lampes il reviendra à 6,9 c. La dépense annuelle pour une lampe à arc (1920 kw-h) sera de 320 fr, et pour 15 000 lampes de 4,8 millions de fr. Les frais de production de l'énergie consommée par les lampes à incandescence sont estimés à 27,5 c par kw-h, et pour 5,6 millions de kw-h ils s'élèveront à 1,54 million de fr, la dépense totale pour l'éclairage sera donc de 6,34 millions de fr. Dans ces prévisions on a compté 6 pour 100 pour l'amortissement et 5 pour 100 pour les intérêts.

D'après les prix payés à New-York en 1904 (750 fr par an pour une lampe à arc et 50 c par kw-h), la ville devrait payer annuellement 13,75 millions de fr pour l'éclairage projeté, si on utilisait les centrales particulières. Avec une station centrale municipale on économisera donc annuellement 7,4 millions de fr. En 1904, la ville a payé pour l'éclairage public (gaz et électricité) 8,5 millions de fr. L'installation de la centrale municipale amènera donc une économie d'environ 2,16 millions de fr.

Les installations électriques au Japon. — Toute ville japonaise ayant plus de 10 000 habitants est éclairée électriquement et beaucoup ont des tramways électriqnes.

Comme le pays est très montagneux, il y a beaucoup de chutes d'eau, et on peut estimer que 30 pour 100 de l'énergie totale est produite par elles; en outre, il y a des mines de charbon, de sorte que l'énergie due à la vapeur est d'un prix peu élevé. Parmi les grandes entreprises, on peut citer la *Tokio Electric Light C°*, qui construit une station de 15 000 kilowatts à une distance de 30 km de la capitale, la *Tokio Electric Power C°*, qui a une usine de 32 000 kilowatts, ainsi que

la station municipale de Tokio, qui a une puissance de 1800 kilowatts. A Osaka, l'une des villes les plus commerçantes, il existe déjà plusieurs stations de blocs de maisons à vapeur, et une société, l'*Uji River hydro-electric C°*, au capital de 25 millions de francs, s'est fondée pour installer une usine hydraulique de 30 000 poncelets, à 32 km de la ville.

Traction électrique du chemin de fer du Saint-Gothard. — La Société « Motor », de Londres, ayant demandé une concession pour l'utilisation des chutes du Tessin, l'administration des chemins de fer du Saint-Gothard a protesté auprès du gouvernement du Tessin, en demandant que la totalité de l'énergie disponible soit réservée à la traction électrique du chemin de fer.

La question présente une grande importance générale pour la Suisse, car il s'agit de décider dans quelles proportions les chutes doivent être ou réservées à l'intérêt public, ou concédées à des particuliers. Bien que la demande de l'administration du Gothard ait été soutenue par le Conseil fédéral, car le chemin de fer deviendra sous peu propriété de l'État, le grand Conseil du canton de Tessin n'en a pas moins accordé la concession à la Société anglaise.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Montaigut. — *Éclairage.* — La ville de Montaigut-en-Combrailles va, paraît-il, être éclairée prochainement à l'électricité; des offres viennent d'être faites par une Compagnie, et le Conseil municipal, qui s'est occupé de la question, paraît tout disposé à les accepter.

Il serait à désirer que cette question de l'éclairage de la ville à l'électricité soit promptement résolue, car l'éclairage au pétrole actuel laisse fort à désirer.

ÉTRANGER

Cintra (Portugal). — *Traction électrique.* — Dans un récent article, l'*Electrical Review*, de New-York, publie un aperçu du développement de la traction électrique en Portugal. Cet article contient la description d'une installation intéressante établie entre Cintra et Praia das Macas.

La station génératrice est placée à une faible distance de Cintra : elle est établie en maçonnerie et en acier et est divisée en deux parties distinctes, la chaufferie et la salle des machines, séparées par un mur en briques.

Les groupes générateurs sont constitués par des machines à vapeur à grande vitesse système Willans de 349 poncelets, directement accouplées à des génératrices Westinghouse de 270 kilowatts produisant du courant continu à 550 volts. Un groupe différent produit du courant pour l'éclairage public et privé dans la ville de Cintra : il consiste en une machine Willans entraînant un alternateur Westinghouse de 80 kilowatts. L'excitatrice de cet alternateur est montée en bout d'arbre. Le groupe produit du courant alternatif simple à 2200 volts, tension de distribution. La tension est abaissée le long de la ligne suivant les besoins, et est réduite à 105 volts. La salle des machines contient un groupe survolteur employé pour régler la tension des circuits de feeder.

La condensation des machines à vapeur est assurée par un condenseur Worthington à surface capable de condenser 9000 kg de vapeur.

Les chaudières Belleville sont au nombre de deux et présentent chacune 150 m² de surface de chauffe. Elles sont timbrées à 17 kg par cm². Une cheminée en briques de 35 m assure le tirage. La puissance de production de chaque chaudière est de 3000 kg de vapeur par heure. L'eau est puisée dans un réservoir de 750 m³ et envoyée dans les chaudières par un groupe de pompes Worthington.

Les tramways qui circulent entre Cintra et Praia das Macas sont équipés chacun avec deux moteurs Westinghouse de 15 kilowatts; ils sont munis de freins électro-magnétiques agissant à la fois sur les rails et sur les essieux.

Lucerne. — *Station centrale.* — Cette usine, établie à Obermatt, a été ouverte le 1er septembre dernier; elle fournit du courant à la ville de Lucerne pour l'éclairage et la force motrice. L'installation hydraulique utilise une chute d'eau de 300 m de hauteur. La salle des machines contient actuellement 4 unités de 1500 poncelets et en contiendra 8 quand l'usine aura reçu son entier développement. Les alternateurs des Ateliers d'Oerlikon produisent des courants triphasés et sous 6000 volts à une vitesse angulaire de 300 tours par minute. Une partie de l'énergie est transportée par des câbles, sous cette différence de potentiel, à la ville d'Engelberg distante de 4,5 km : la majeure partie de l'énergie est transformée à 27 000 volts et transportée à Lucerne à 28 km : de là elle est distribuée à environ 15 localités. L'élévation de tension est obtenue dans 10 transformateurs à courant alternatif simple de 700 kilowatts des Ateliers d'Oerlikon à refroidissement artificiel par circulation d'eau. Parmi ces dix transformateurs, six forment deux groupes triphasés avec connexion en triangle; trois autres travaillent sur la ligne d'éclairage. Le tableau de l'installation est particulièrement intéressant.

A Lucerne, la tension est abaissée de 25 000 à 2 600 volts et le courant est en partie distribué par des câbles, en partie converti en courant continu pour l'alimentation des tramways électriques.

CORRESPONDANCE

Asservissement électrique.

Monsieur Hospitalier, Rédacteur en Chef du journal *L'Industrie électrique*.

Notre attention est appelée sur un article publié dans le numéro du 10 novembre de *L'Industrie électrique*, sous le titre *Asservissement électrique*.

Le système décrit dans cet article fait l'objet d'un brevet qui appartient à notre Maison. Le signataire de l'article, M. Émile Dubois, a été employé par nous, dans notre bureau d'études, et, en cette qualité, il a étudié et dessiné les appareils qu'il décrit aujourd'hui. Mais là s'est borné son rôle : celui d'un collaborateur intelligent, mais n'ayant eu aucune part à l'invention.

Nous sommes étonnés que, dans ces conditions, M. Émile Dubois ait cru pouvoir publier, sans notre autorisation, la description d'un système qui nous appartient, sans même faire mention de notre Maison et en laissant croire qu'il était lui-même l'auteur de l'invention.

Veuillez agréer, etc.

Sautter, Harlé et Cie.



EXPOSITION INTERNATIONALE DE LIÉGE

PERMUTATRICES

EXPOSÉES

PAR LA SOCIÉTÉ ANONYME ÉGYPTIENNE D'ÉLECTRICITÉ

La *Société anonyme égyptienne d'Électricité* expose une sous-station composée de 3 permutatrices système Rougé et Faget, machines d'invention encore récente et qui figurent pour la première fois à une Exposition internationale (¹).

Le poste exposé correspond à 450 kw de puissance continue disponible en 3 unités, et la figure 1 en représente une vue photographique.

Le courant d'alimentation est triphasé à 50 périodes par seconde, 3000 volts entre fils, et transformé en continu 250 volts aux bornes des machines; il est divisé en 2 ponts de 125 volts par addition d'un fil neutre pris sur le secondaire des transformateurs (fig. 2).

Le groupement de deux machines donne alors un réseau à cinq fils 125 volts par pont, la troisième machine servant de réserve.

Chaque groupe comprend trois transformateurs à courant alternatif simple de 3000/200 volts d'une puissance de 60 kw chacun. Les secondaires des trois transformateurs sont groupés en hexaphasé pour alimenter la permutatrice; en outre sur chaque secondaire est intercalé un transformateur auxiliaire, destiné à faire varier la tension continue, selon les besoins, de 230 à 270 volts.

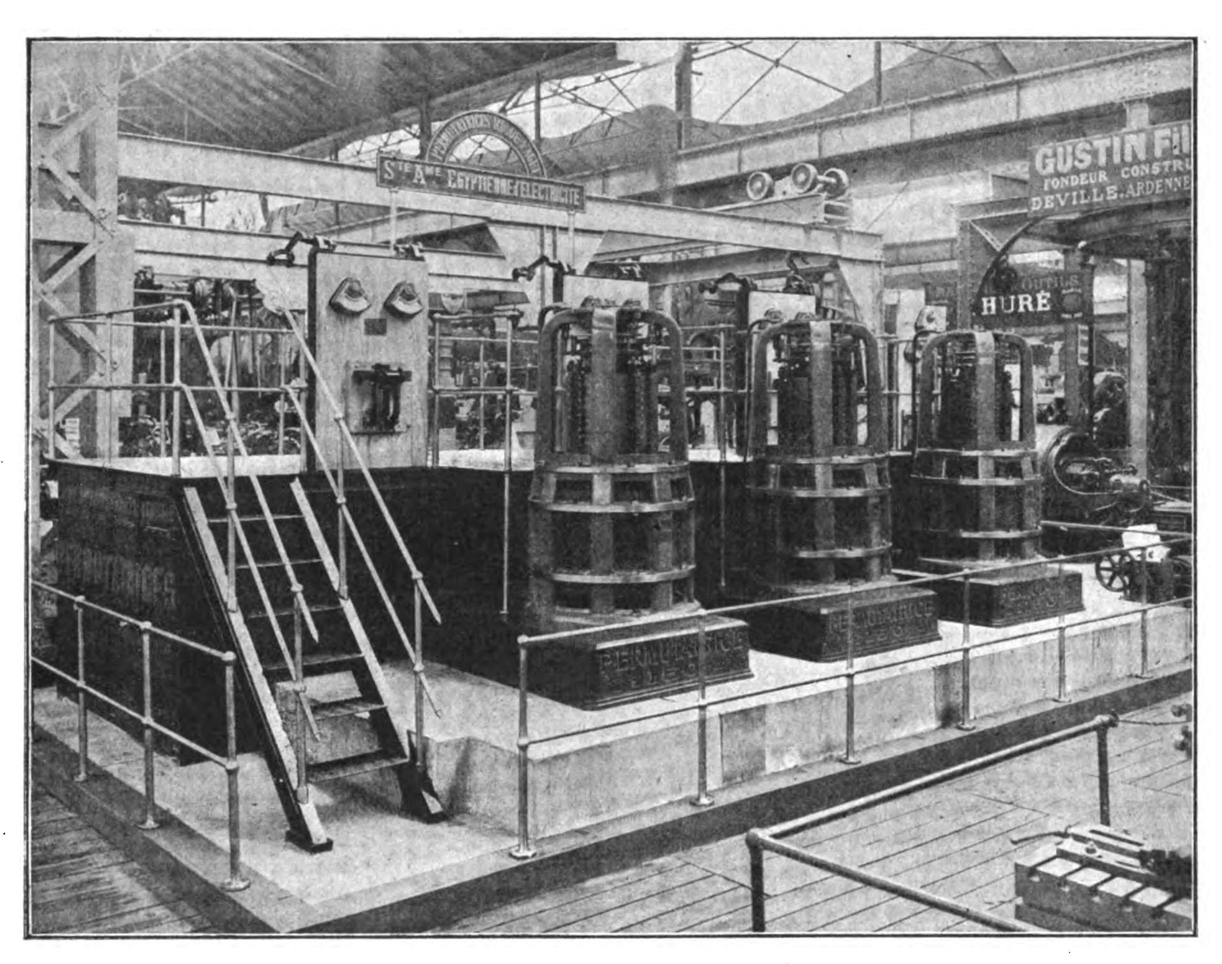


Fig. 1. — Stand de la Société anonyme égyptienne d'Électricité.

Les permutatrices que ces transformateurs alimentent, du type D 550, ont les caractéristiques suivantes :

Poids, en kg	2240
Hauteur, en m	1.7
Diamètre maximum, en m	0.95
Nombre de pôles	8
Vitesse angulaire, en t : m	750
Rendement à pleine charge, en pour 100	93
Facteur de puissance, en pour 100	97
Puissance normale, en kw	150
Durée de mise en route, en secondes	3

Par suite de la possibilité de démarrer les permutatrices par simple mise en circuit et de leur donner ainsi la polarité convenable, tout appareillage sur le courant alternatif secondaire a pu être supprimé. La

(¹) Voy. *L'Industrie électrique* du 10 février 1902, p. 53.

mise en route se fait par l'interrupteur primaire, le réseau alternatif est par conséquent réduit au minimum. Pour se réserver la possibilité de faire marcher la machine de réserve en même temps que les deux autres, ce qui porte la puissance absorbée par la sous-station à 500 kw et dépasse la puissance individuelle des alternateurs de la section, on a installé les lignes à courant alternatif et l'appareillage en double, afin d'utiliser deux alternateurs sans les coupler en parallèle. Pour éviter les fausses manœuvres, les interrupteurs sont enclenchés et font ainsi office de commutateurs.

Des fusibles sont installés sur chacune de ces lignes, il n'y a pas de fusibles spéciaux à chaque machine. Sur le courant continu, l'appareillage se réduit à un interrupteur bipolaire à rupture rapide, un disjoncteur à maximum de 1000 ampères sur le pôle négatif, et un disjoncteur à maximum de 200 ampères sur le fil neutre.

Sur chaque machine sont branchés comme appareils

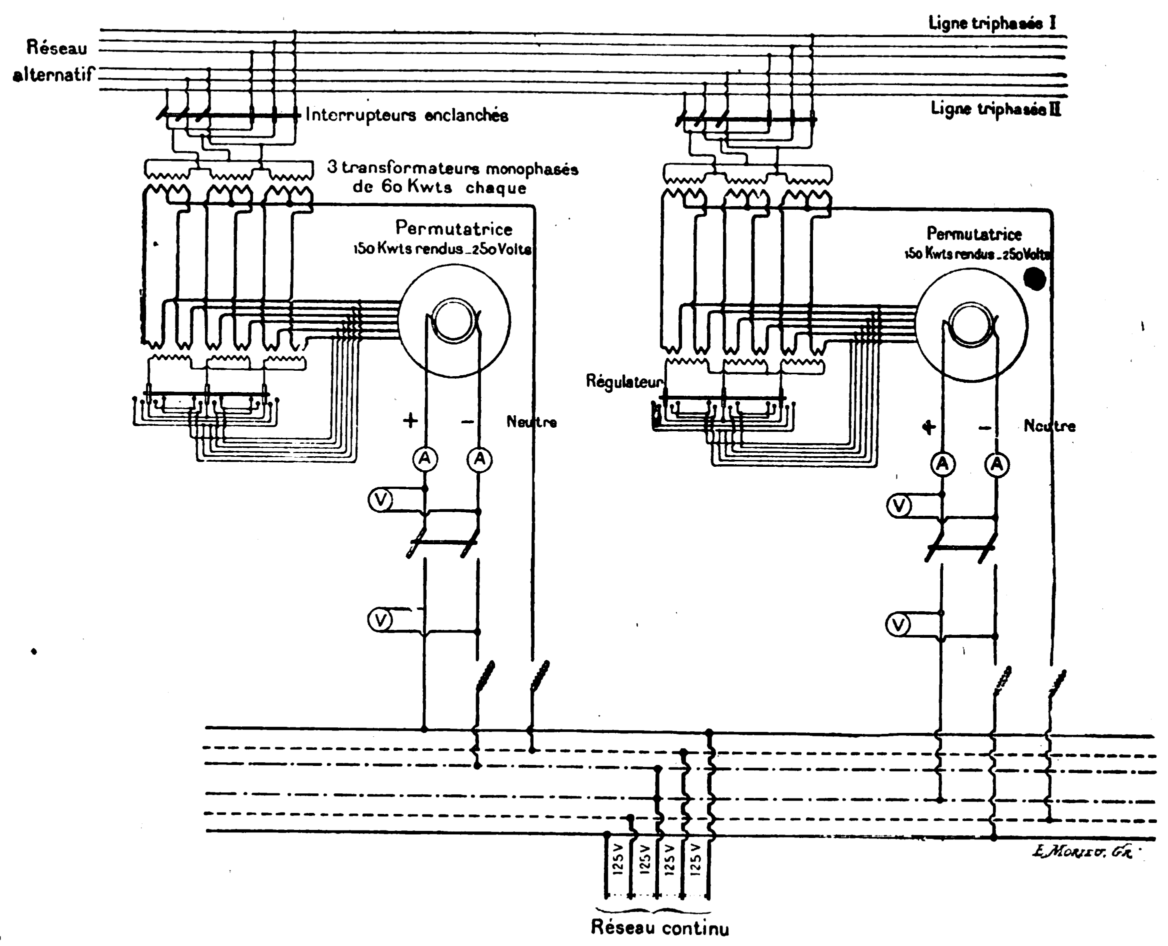


Fig. 2. — Régulation de tension des permutatrices.

de mesure un ampéremètre de 800 ampères sur le pont négatif, un ampèremètre de 1000 ampères sur le pont positif, un voltmètre de 300 volts branché avant l'interrupteur bi-polaire, un voltmètre de 300 volts branché après l'interrupteur bi-polaire; enfin un panneau auxiliaire porte un ampèremètre, un voltmètre et un wattmètre à courants alternatifs, qui peuvent être insérés dans le circuit d'une quelconque des machines en prévision d'essais.

Groupement des appareils. — Afin de ménager l'emplacement concédé, tout en gardant une sécurité suffisante pour l'emploi du courant à haute tension, les transformateurs et les interrupteurs ont été rassemblés dans une cabine métallique dont la partie supérieure forme passerelle pour la manœuvre des appareils.

Dans une installation normale, ces appareils se trouveraient tout naturellement installés en sous-sol, ce qu'on n'a pas osé risquer dans une installation provisoire. Par suite de la surélévation de la passerelle et des règlements de l'Exposition, il n'a pas été non plus possible de développer en hauteur sur une seule face l'ensemble des appareils constituant le tableau d'une machine. On a divisé le panneau en deux parties qui sont placées dos à dos.

Les permutatrices sont surélevées à un niveau convenable par un massif en maçonnerie et un socle en bois dur.

Régulation de tension. — La régulation de la tension est obtenue de la façon suivante : Le transformateur auxiliaire, dont les secondaires sont insérés dans le circuit de

la permutatrice, a son primaire relié à un commutateur tripolaire.

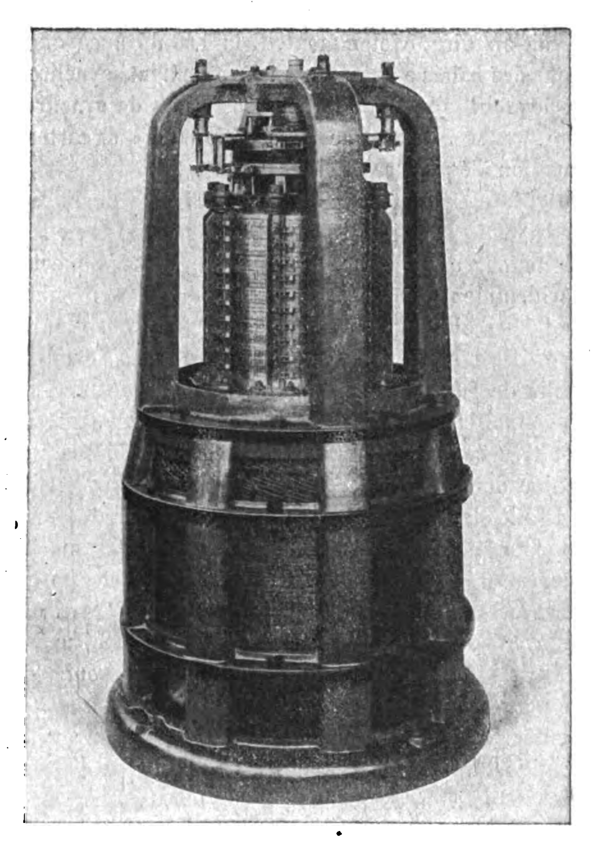


Fig. 3. — Vue extérieure d'une permutatrice.

Dans la position moyenne du commutateur, le primaire est en court-circuit; il sert alors seulement à annuler la self-induction du circuit secondaire et tout se passe comme si la machine était directement reliée aux transformateurs principaux.

Les autres touches du commutateur permettent de relier le primaire de chaque phase à l'un ou à l'autre pôle de la phase secondaire correspondante de la machine et à l'une ou l'autre des phases intermédiaires. On ajoute ainsi à la tension secondaire du transformateur principal une tension auxiliaire constante, mais qui est soit en phase, soit en opposition, soit décalée de 60°, soit de 120; ce qui survolte ou dévolte, soit de la tension auxiliaire, soit de sa moitié. On obtient ainsi une régulation par 10 volts comportant cinq touches. Le commutateur est en outre muni de touches auxiliaires destinées à atténuer les effets destructeurs de l'étincelle.

Une description des premières permutatrices a déjà été donnée dans *L'Industrie électrique* du 10 février 1902, et nous n'y reviendrons ici que pour faire ressortir les particularités de leur fonctionnement, ainsi que de leur construction actuelle et des caractères principaux qui les différencient de leurs aînées, les commutatrices.

On sait qu'une permutatrice est un transformateur direct d'alternatif en continu répondant à la définition suivante : un appareil dans lequel le mouvement par rapport à l'induit d'un champ alternatif, tournant librement dans des pièces magnétiques isotropes, et, sans leur être mécaniquement lié, produit les f. é. m. nécessaires, d'une part, pour contrebalancer les différences de potentiel appliquées côté alternatif et, d'autre part, pour produire par redressement sur un collecteur la différence de potentiel utilisée sur le réseau continu. Ce champ est produit par les courants déwattés empruntés au réseau, et, par ce fait, maintenu automatiquement au synchronisme de la valeur nécessaire.

Dans une commutatrice, les mêmes effets sont produits par la rotation mécanique de l'induit par rapport au champ matériellement lié aux inducteurs.

En général, inexactement d'ailleurs, on appelle permutatrice une machine à circuits fixes et à champ tournant comme dans le stator d'un moteur asynchrone, et commutatrice, la machine où l'on immobilise le champ tournant par la rotation en sens inverse de l'induit.

Les permutatrices du système Rougé-Faget se distinguent extérieurement des autres transformateurs de courant par le fait qu'elles sont à balais tournants et à axe vertical (fig. 3). Le moteur des balais n'est pas un moteur

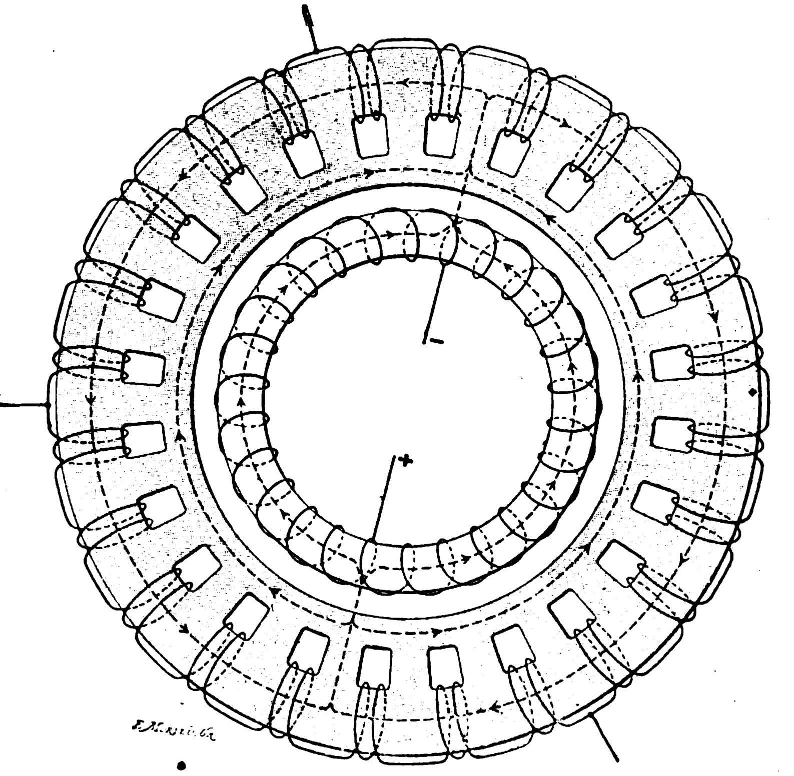


Fig. 4. — Circuits magnétiques d'une permutatrice.

synchrone ordinaire, mais seulement un électro-aimant circulaire injecté de courant continu produit par la machine elle-même. Son circuit magnétique est entraîné par une dérivation du champ total dans lequel la pièce tout entière se trouve noyée (fig. 4).

Les éléments d'une machine sont alors :

Un transformateur circulaire à un ou deux circuits et dont le flux se ferme dans une tôle intérieure fixe, en même temps que dans une deuxième pièce également circulaire mais mobile autour de l'axe commun à tout le système et devant constituer le moteur des balais (fig. 4 et 5). Cette dernière est montée sur la partie inférieure d'un fourreau, dont l'extrémité supérieure porte une étoile à laquelle sont fixés les balais tournants et les bagues sur lesquelles on recueillera le courant continu à l'aide de balais fixes (fig. 5). Le collecteur est relié à l'induit à la manière ordinaire.

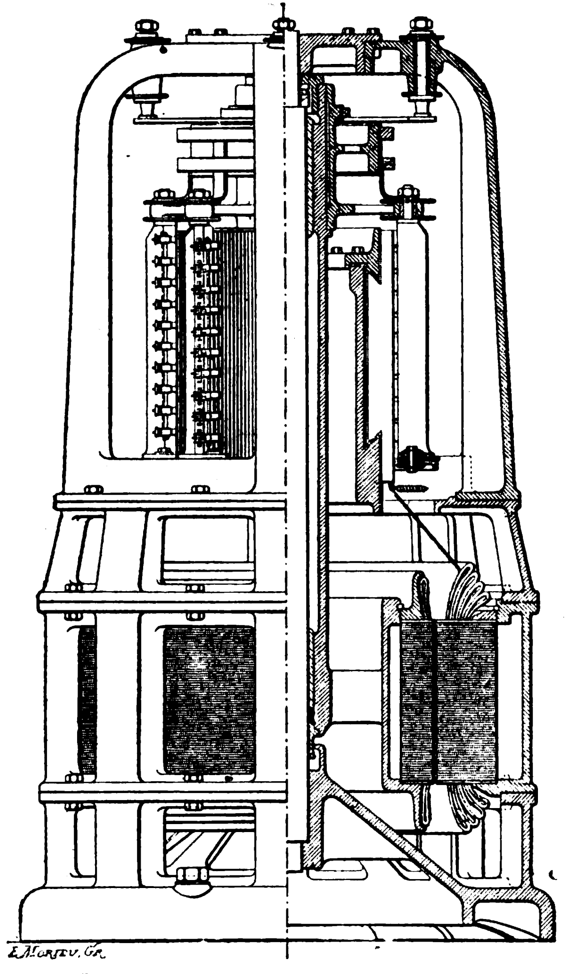


Fig. 5. — Coupe et élévation d'une permutatrice.

En fait tout cet ensemble peut être considéré comme un induit de dynamo ordinaire dans lequel les encoches seraient placées, non à la périphérie des tôles, mais dans leur masse même et dans l'évidement duquel on aurait placé le moteur des balais, observant toutefois qu'il ne joue pas le rôle des inducteurs d'une dynamo supposée à inducteurs tournants.

Les propriétés particulières d'une semblable machine sont les suivantes :

Tout d'abord elle se synchronise automatiquement et, pourrait-on dire, violemment. Cela est dû à ce que le moteur des balais est muni d'un enroulement asynchrone, dans lequel il s'induit d'intenses courants de synchronisation, toutes les fois que l'ensemble tend à s'écarter de la position d'équilibre dans le champ total.

Du côté alternatif, il n'y a donc pas plus de mise en phase à rechercher qu'il n'y en a dans la mise en route d'un moteur asynchrone. Du côté continu, la machine n'a évidemment pas de polarité déterminée *à priori*; mais quand on n'obtient pas du premier coup celle que l'on désire, il suffit de couper le courant alternatif et de le rétablir de façon à faire accrocher la machine sur l'onde convenable, c'est-à-dire avec une demi-période de retard. Il est très remarquable qu'une personne habituée à une machine donnée, à la fréquence de 50, y réussit 9 fois sur 10, dès la première interruption de courant.

Le courant absorbé au démarrage, pour une machine alimentée à sa tension normale, est de beaucoup inférieur à celui absorbé à pleine charge; il croît naturellement avec l'augmentation de tension alternative, mais en ce cas, la vitesse de synchronisation peut devenir assez forte pour amener des ruptures de pièces.

Le décrochage ne peut se produire que par un accident mécanique, et, s'il se produit, par suite de l'absence d'effet inductif dû au moteur, il n'entraîne aucun à-coup sur le circuit alternatif.

D'autre part, quel que soit le débit continu, une permutatrice est pratiquement indécrochable sur batterie d'accumulateurs.

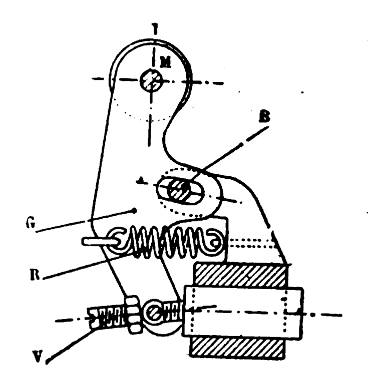


Fig. 6. — Porte-balais d'une permutatrice.

On peut cependant lui laisser une chute de tension propre pour que la batterie règle bien et « tamponne », ce qui est précieux pour une installation de traction.

Les balais mobiles sont constitués par un bloc de charbon que la force centrifuge éloignerait du collecteur si une contre-masse ne les y ramenait. Pour assurer un contact exact et élastique, cette contre-masse agit par l'intermédiaire d'un ressort (fig. 6).

Applications. — La simplicité de l'appareillage qui accompagne une permutatrice et la facilité de manœuvre

permet de fractionner les sous-stations beaucoup plus qu'on ne le ferait avec les commutatrices. On peut ainsi confier des machines de quelques kilowatts à une personne n'ayant aucune notion d'électricité, et dans une installation importante les électriciens professionnels n'ont à intervenir que très rarement et pour la surveillance générale de l'installation. Ils n'ont pas à intervenir pour la mise en route et le service régulier.

Il devient alors pratique, en traction par exemple, de multiplier le nombre de sous-stations de façon à supprimer complètement les feeders sur la basse tension.

Si l'on observe qu'une sous-station de 150 kw peut s'installer avec tous ses accessoires, transformateurs-

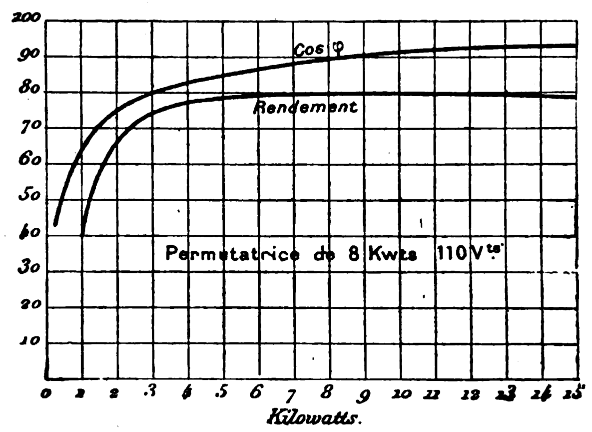


Fig. 7. — Courbe caractéristique d'une permutatrice de 8 kw.

réducteurs compris, sur 6 m² seulemsnt de surface totale, on voit que, par exemple, les tramways pourront installer des sous-stations dans les nœuds de leur réseau, où se trouvent généralement des gares. La sous-station comprendra uniformément une seule permutatrice, et l'intervention des contrôleurs de service se bornera à armer à nouveau le disjoncteur quand il tombe, que ce disjoncteur soit d'un type ordinaire ou d'un type spécial, enclenché avec l'interrupteur alternatif, ou à mettre la sous-station hors circuit, s'il se produit quelque anomalie dans le fonctionnement.

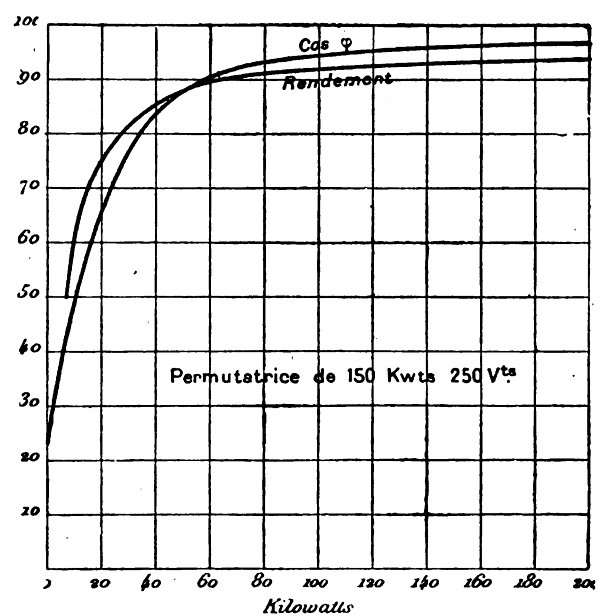


Fig. 8. — Courbe caractéristique d'une permutatrice de 150 kw.

Il est bien évident qu'en dehors des installations de traction proprement dites, ces machines trouvent avantageusement une application à la conduite des moteurs, et on observera que la possibilité d'avoir toujours un point neutre sur l'alternatif donne naturellement et sans frais deux tensions dans d'excellentes conditions de rendement. Avec la variation de vitesse par résistance dans l'excitation, cela donne aux moteurs continus une grande supériorité sur les moteurs à courants alternatifs. En courant alternatif simple, par exemple, dès que l'installation comprend plusieurs moteurs, le prix de la permutatrice est compensé par le moindre prix d'installation des moteurs à courant continu par rapport aux moteurs à courants alternatifs à collecteur.

Les figures 7 et 8 donnent les rendements et facteurs de puissance vérifiés aux essais sur des machines de 8 kw et 150 kw de puissance utile. En courant alternatif simple, le rendement est nécessairement plus bas de quelques centièmes, bien que le fonctionnement soit tout aussi bon qu'en polyphasé, comme peuvent en témoigner de nombreuses applications. P. L.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Un grand projet pour la distribution de l'énergie électrique dans Londres. — Il paraîtrait qu'un grand projet est en préparation en vue de fournir la force motrice et l'éclairage électrique à bon marché, d'abord aux chemins de fer et ensuite aux manufacturiers et aux municipalités de Londres. Ce projet est tout à fait différent de ceux qu'on a déjà présentés au Parlement, et on dit qu'il a reçu déjà le concours financier des grandes Compagnies des chemins de fer.

L'affaire est suffisamment mûre pour permettre de demander au Parlement les droits nécessaires, de sorte que, lorsque le bill sera déposé, il ne manquera même pas d'appui financier.

Les promoteurs sont poussés par les Compagnies de chemins de fer qui ont décidé, ou qui se décideront bientôt à adopter la traction électrique.

Dans le but de fournir la force motrice aux chemins de fer, on a l'intention d'établir dans le voisinage des mines de charbon une grande station centrale d'où l'on transmettra l'énergie électrique à haute tension par des fils aériens à une station de distribution à Ealing (faubourg situé dans l'ouest de Londres). D'Ealing l'énergie sera transmise le long des routes et des chemins de fer aux sous-stations. De cette façon les fils électriques ne dérangeront aucune propriété publique.

Après avoir trouvé une clientèle parmi les chemins de fer, qui absorberont une grande partie de l'énergie produite à la grande station sur le carreau de la mine, la Compagnie a l'intention d'offrir aux municipalités, aux personnes et aux usines particulières l'énergie électrique à un prix beaucoup plus bas qu'aucune Société ne l'a offert jusqu'à présent. On a indiqué le prix de 5 centimes le kw-h sans aucune espèce de charge pour chaque kw-h demandé. Le plus bas prix déjà promis dans un bill en projet devant le Parlement a bien été de 5 centimes par kw-h mais avec le versement d'une somme de 100 fr par kw installé. Les promoteurs de ce projet disent que quand leurs machines seront en pleine activité sans interruption, ils pourront fournir un courant à meilleur marché et à meilleur prix de revient qu'aucune municipalité don la fourniture principale est demandée seulement pendant quelques heures le soir.

Les omnibus automobiles. — Le premier omnibus d'un nouveau service d'hiver installé par la *London Motor Omnibus C°*, circule entre Londres et Brighton, depuis le 2 novembre. On a fait ce trajet avec succès chaque jour depuis le 30 août, mais maintenant on vient d'ouvrir le service au public; toutefois étant donné la rigueur de la saison, on utilisera l'impériale de l'omnibus seulement pour les bagages et les marchandises, tandis que l'intérieur, divisé en un compartiment pour les fumeurs et un salon, contiendra les voyageurs. Ces derniers peuvent prendre 18 kg de bagages à main, ils payeront 9 fr pour le voyage aller et retour.

L'omnibus part de Londres à 9 heures du matin et rentre à Londres à 9 heures du soir. On organise le service pour correspondre avec le service des trains. On prendra des colis jusqu'à 13 kg partout sur la route pour 60 centimes et on s'arrêtera régulièrement aux endroits les plus importants. La vitesse est limitée à 19 km par heure, de sorte que le voyage entier durera 4 heures et demie. Mais cette application n'ajoute qu'un argument de plus en faveur de l'établissement de nouvelles routes ouvertes au trafic automobile seul, et quand elles seront construites on pourra circuler à 32 km à l'heure de sorte que ce voyage sera fait en moins de 3 heures.

Pour le voyage du retour des lampes à acétylène donnent une chaleur agréable, mais avant longtemps on aura un autre moyen de chauffage.

La Compagnie a promis de livrer 300 omnibus avant la fin de 1906 pour le service de Londres; ces voitures seront actionnées par des moteurs à pétrole, et sans doute on trouvera bientôt quelque moyen d'utiliser la puissance en excédent pour chauffer la voiture par l'électricité.

Cet omnibus peut transporter 34 personnes, et on peut le louer pour une course particulière au prix de 260 fr par jour l'été et 225 fr l'hiver. En ce moment on organise une excursion de 20 personnes qui feront une promenade de 30 jours dans le sud de la France. Un de ces omnibus partira de Rouen, de là les voyageurs iront par Chartres et Orléans, à Lyon, puis à Avignon, Arles et Marseille, de là à Nice et Monte-Carlo; et le retour par Cannes, Grenoble, Dijon, puis Troyes, Paris et Rouen, d'où les voyageurs prendront le train de nouveau pour Londres. De cette manière les excursionnistes pourront voir beaucoup mieux les pays traversés et les routes, ce qu'on n'a pu faire depuis les jours lointains des diligences.

L'isolation des câbles employés dans les installations électriques. — L'*Electrical Contractor's Association* s'est récemment réunie pour entendre et discuter une communication de M. Beaver sur le caoutchouc et les autres matériaux employés dans l'isolation des câbles et fils électriques.

M. Bivry, qui a présidé, a expliqué l'origine de cette discussion qui résidait dans les ennuis éprouvés par les installateurs par suite de la détérioration qui se produisait après qu'on avait installé des lignes en bon matériel. M. Beaver avait été prié de préparer une communication qui devrait réunir les opinions des manufacturiers sur le sujet, et leur jugement sur ce point.

M. Beaver a donné un résumé de sa communication. Les câbles furent d'abord divisés en trois classes :

1° Les câbles isolés au caoutchouc vulcanisé;

2° Les câbles isolés au papier et enveloppés de plomb;

3° Les câbles isolés avec des composés au bitume vulcanisé.

Les causes de mauvais fonctionnement furent réparties en trois catégories.

a. Matériaux inférieurs ou de mauvaise fabrication.

b. Les conditions locales dans lesquelles les câbles sont utilisés.

c. Travail imparfait de montage ou mauvais fonctionnement de l'exploitation.

En étudiant les parties essentielles d'un câble isolé au caoutchouc, l'auteur a dit que dans des endroits humides le fil de jute tanné était préférable à une couverture de coton. Il était bon de se souvenir que le caoutchouc est susceptible de se détériorer sous plusieurs influences externes ou internes. Par exemple, il faut que les fils soient bien étamés pour protéger le cuivre et le caoutchouc; parce que tandis que le soufre dans le caoutchouc vulcanisé attaque le cuivre, le cuivre à son tour par action catalytique, s'oxyde et agit comme véhicule d'oxygène vis-à-vis du caoutchouc. Du caoutchouc de mauvaise qualité contient toujours mélangés des corps qui nuisent beaucoup à la durée du câble.

Enfin il est très difficile de trouver un essai infaillible pour démontrer la qualité du caoutchouc. Le seul qu'il pouvait recommander à l'acheteur était celui de la tension appliquée. Il est en outre important d'employer du bon caoutchouc Para dur et fin dans l'enveloppe vulcanisée.

Quant à la détérioration due aux conditions locales, l'humidité condensée dans les tuyaux est, en somme, la cause la plus pernicieuse. L'ennemi principal reconnu est le plâtre humide, à cause de ses constituants alcalins. Le seul remède réside dans la ventilation et l'écoulement des tuyaux. Lorsque les câbles sont recouverts de plomb,

il faut que le plomb soit fermé hermétiquement et relié à la terre.

Toute corrosion du plomb, même graduelle, est sûrement fatale au câble. Quant aux câbles isolés au papier et recouverts de plomb, il faut se souvenir que l'enveloppe de plomb est la seule méthode de préserver le conducteur contre l'eau ; il en résulte qu'il faut soigneusement protéger les bouts. L'auteur signala aussi les ennuis de l'électrolyse. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 30 octobre 1905.

Sur la puissance mécanique fournie par les moulins à vent. — Note de M. Ringelmann, présentée par M. Müntz. — Pour les moulins à vent, à orientation et à réglages automatiques, employés en agriculture pour l'élévation des eaux, il est intéressant de connaitre les coefficients qui relient le travail mécanique fourni, en pratique, par la roue du moulin à la vitesse du vent qu'elle reçoit.

Les chiffres suivants proviennent d'expériences effectuées à la Station d'essais de machines, pendant près de deux ans, sur un moulin de 3,60 m de diamètre à 72 ailes de 1,30 m de longueur, ayant une surface de voilure de 9,39 m². Les essais ont été effectués en abandonnant le moulin à lui-même par tous les temps; le moulin actionnait une pompe; des enregistreurs automatiques notaient à chaque instant la vitesse du vent, le nombre de tours de la roue et par suite le travail du moulin.

Voici les principaux résultats constatés :

Le moulin travaille régulièrement par des vents dont la vitesse est comprise entre 4 et 10 m:s; lorsque la vitesse du vent dépasse 10 m:s, le moulin fuit automatiquement la tempête et s'arrête.

Dans nos essais le moulin fonctionnait à charge constante et 1 tour de roue nécessitait un travail mécanique de 43 kilogrammètres.

Le rendement mécanique du moulin, de la transmission et de la pompe, était de 0,341.

Si l'on désigne par :

v, la vitesse à la circonférence de la roue, en m:s;

V, la vitesse du vent, en m:s; on a la relation suivante :

$$v = nV, \qquad (1)$$

et, dans nos essais, n varie de 0,75 à 0,88.

D'autre part, si P est la puissance mécanique, en kilogrammètres par seconde, que peut fournir un vent animé d'une vitesse V, exprimée en mètres par seconde, agissant sur une surface S (projection des ailes), exprimée en mètres carrés, K étant un coefficient, on a ;

$$P = KSV^3. \qquad (2)$$

Lorsque la charge du moulin reste constante, comme dans la plupart des applications et dans nos essais (43 kilogrammètres par tour), le coefficient K diminue à mesure que la vitesse du vent augmente (la vitesse de la roue s'accroît en diminuant l'action du vent sur les ailes, ainsi qu'on peut le constater par un tracé graphique).

Le tableau suivant résume les moyennes de quelques résultats de nos expériences :

V. en m:s.	c. en t:h.	d. en litres.	n.	K.
4,08	1065	1563	0,817	0,0198
4,64	1233	1813	0,834	0,0156
5,25	1314	1931	0,785	0,0115
6,61	1862	2736	0,884	0,0081
7,50	2100	3086	0,878	0,0063
8,89	2200	3235	0,776	0,0039
10,00	2400	3527	0,752	0,0030

Dans ce tableau, les colonnes indiquent : V, la vitesse moyenne du vent en mètres par seconde; c, le nombre moyen de tours de la roue du moulin par heure; d, le volume d'eau, en litres, pratiquement élevé par heure à 10 m de hauteur; n, le coefficient de la formule (1); K, le coefficient de la formule (2).

Pour obtenir la puissance mécanique disponible, il faut multiplier la puissance P de la formule (2) par le rendement, qui varie de 0,2 à 0,4 suivant l'installation et son état d'entretien.

Les différents chiffres précédents seront utiles pour projets relatifs aux moulins à vent, qui sont des moteurs très recommandables pour l'élévation des eaux destinées aux exploitations agricoles, comme aux agglomérations rurales.

Sur la dissymétrie de la déperdition électrique en pays de montagne : rôles comparés de l'altitude et du relief. — Note de MM. Bernard Brunhes et Albert Baldit, présentée par M. Mascart. — Depuis l'automne de 1904 nous avons effectué, au Puy de Dôme et dans la région, un grand nombre de mesures de déperdition, soit à l'aide de l'électroscope de Curie, soit à l'aide de l'appareil d'Elster et Geitel, moins sensible, mais plus transportable. Nous désirons ici appeler l'attention sur un de nos résultats.

Nous avons comparé la déperdition des deux électricités au sommet et à la base de quelques-uns des cônes volcaniques qui ont surgi, soit au milieu de la plaine de la Limagne, soit sur le plateau archéen qui la limite à l'Ouest.

1. Mesures faites au sommet et à la base du puy de Crouël, puy isolé et très ancien, dominant de 87 m la plaine environnante.

a. *Mesures à la base du puy de Crouël* (327 m).

Charge négative : perte en volts, par minute. . . .	13
Charge positive —	12

b. *Mesures au sommet du puy* (414 m).

Charge positive : perte en volts, par minute. . . .	6
Charge négative —	12

Le résultat apparaît déjà. De la plaine au sommet la dissymétrie caractéristique se *produit par une diminution notable de la déperdition positive, sans variation sensible de la déperdition négative.*

2. Mesures comparées : au sommet du puy de Chateix, qui domine Royat au Nord, en un point de ce puy, sur la terrasse

du sanatorium du Dr Petit, dominant de 77 m le parc de l'établissement thermal; enfin, au retour, dans un jardin à Clermont.

a. *Terrasse du sanatorium* (519 *m*).

Charge négative : perte en volts, par minute. . . .	22
Charge positive —	14

b. *Sommet du puy Chateix* (584 *m*).

Charge positive : perte en volts, par minute. . . .	10
Charge négative —	24

c. *Jardin à Clermont* (378 *m*).

Charge négative : perte en volts, par minute. . . .	9
Charge positive —	10

La dissymétrie, déjà très marquée sur la terrasse du sanatorium, s'accuse encore quand on monte au sommet : elle s'accuse par une légère augmentation de la déperdition négative, et par une réduction relative bien plus considérable de la déperdition positive.

A la station la plus basse on retrouve, au degré de précision des mesures, la symétrie de déperdition. *Mais, ici, la station basse est au milieu d'une ville, où les ions sont moins mobiles*; et au lieu d'avoir, comme en rase campagne, même déperdition négative qu'au sommet voisin, avec déperdition positive plus forte, nous avons déperdition positive plus faible qu'au point de la montagne où elle atteint son maximum, et surtout déperdition négative beaucoup plus faible. *Cette observation fait comprendre comment plusieurs auteurs ont été conduits à penser que le passage de la plaine à la montagne se traduit par une exagération énorme de la déperdition négative* : c'est le résultat qu'on *obtient en comparant une station de ville avec une station de montagne*; tandis que le passage de la plaine à la montagne se traduit, avant tout, par une réduction considérable de la déperdition positive *quand on a soin de comparer une station de plaine en rase campagne avec la station de montagne.*

3. Mesures comparées : au sommet du Puy de Dôme et en divers points du chemin des Mulets qui, par l'est de la montagne, conduit au petit Puy de Dôme et au Nid de la Poule; puis à l'intérieur du Nid de la Poule, cratère dont le fond est à 40 m au-dessous du point le plus bas du pourtour.

	Déperdition	
	négative en divisions par minute.	positive en divisions par minute.
a. Sommet du Puy de Dôme (1465 m).	2,8	0,66
b Sur le chemin des Mulets, côté SE (poteau 87 du tramway projeté (1387 m).	2,5	1,35
c. Promontoire rocheux, au NE, en regard du petit Puy de Dôme (1360 m).	3,0	0,95
d. Col entre le grand et le petit Puy de Dôme (1237 m).	2,0	0,90
e. Sommet du petit Puy de Dôme (1274 m). .	1,85	0,90
f. Fond du Nid de la Poule (1190 m)	2,2	1,95

Les deux déperditions redeviennent presque égales au fond du Nid de la Poule, à près de 1200 m d'altitude, et quand on passe de ce creux au sommet, très voisin, du petit Puy de Dôme, on constate qu'on n'a pas d'augmentation de la déperdition négative (il y a même, en apparence, diminution due sans doute à ce qu'on opère dans de moins bonnes conditions, à cause du vent), mais qu'il y a certainement réduction de moitié de la déperdition positive.

On ne saurait être trop prudent, en généralisant les conclusions de mesures, qui, souvent, ont été *croisées*, mais n'ont pas été *simultanées*.

Seules, des mesures simultanées pourront permettre d'affirmer, par exemple, ce que nos mesures paraissent indiquer, que, sur une plaine de 330 m d'altitude et sur un plateau de 1200 m, la déperdition normale reste du même ordre de grandeur. Mais ce qu'il est permis de conclure de notre exploration c'est : 1° que, tout au moins jusqu'à 1500 m, et si l'on se borne à étudier la déperdition au voisinage du sol, c'est le relief qui joue le rôle fondamental, et non l'altitude, dans la dissymétrie qui s'accuse entre les deux déperditions, quand on passe de la plaine ou du plateau à la montagne; 2° qu'à condition d'opérer toujours en rase campagne, l'exagération de l'intensité du champ électrique au voisinage des sommets a pour effet de réduire la déperdition positive beaucoup plus que d'accroître la déperdition négative.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 4 novembre 1905.

La séance est ouverte à 8h 40m sous la présidence de M. Bouty, président.

Après l'expédition des affaires courantes, l'ordre du jour appelle la communication de M. Langevin sur les **Recherches récentes sur le mécanisme du courant électrique, ions et électrons.**

Les idées actuelles sur les relations de l'électricité avec la matière se sont modifiées à la suite des recherches nouvelles; la conquête de l'éther faite en se basant sur les idées émises par Faraday et Maxwell a montré que ce milieu nous est révélé par deux modifications : la modification électrique et la modification magnétique. Hertz a vérifié expérimentalement les conséquences de ces modifications et l'on peut dire que l'un des deux champs électrique ou magnétique ne peut exister seul qu'à la condition qu'il soit invariable; on trouve du reste l'énoncé de ce théorème dans la loi de l'induction.

M. Langevin montre ensuite que les recherches récentes ont fécondé l'éther en y semant les ions comme un germe, elles ont permis de fournir une représentation du phénomène du courant électrique. En somme un courant à l'intérieur d'un conducteur ne serait autre qu'un flux continu de particules plus petites que l'atome et que l'on appelle *électrons*, ces électrons produisent en se déplaçant des champs magnétiques qui se superposent. Si on coupe un fil on doit voir jaillir les électrons, il y a pour cela expérimentalement deux façons de procéder : on peut faire l'interruption au sein d'un liquide et on voit

aussitôt apparaître les phénomènes électrolytiques qui témoignent une liaison entre la structure atomique de la matière et celle de l'électricité. On sait en effet qu'un atome d'un corps quelconque porte toujours la même quantité d'électricité, quantité qu'on ne peut modifier. Mais l'électrolyse oblige à se représenter les décharges électriques comme discontinues; la démonstration directe que les liquides ne nous fournissent pas, on la trouve avec les gaz, en sorte qu'on peut dire que la décharge dans les gaz est la pierre angulaire de cet édifice nouveau.

La découverte des rayons X et des substances radioactives a permis d'étudier de très près la conductivité des gaz. Du reste Giese avait étudié, il y a 14 ans, les gaz issus de la flamme et il avait émis des hypothèses auxquelles on ne fit pas attention à l'époque mais que l'on a reprises aujourd'hui. M. Langevin montre expérimentalement que lorsqu'une flamme produit un tirage dans une cheminée on peut faire traverser ce gaz par un courant électrique. On peut étudier la loi du passage de ce courant et on constate que, au début seulement, il y a proportionnalité entre l'intensité du courant et la différence de potentiel, la loi d'Ohm est satisfaite, puis le courant n'augmente plus aussi vite que la différence de potentiel, on dit alors que l'on a atteint la saturation.

De même que l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium contient des atomes de Na et Cl chargés et cheminant en sens inverse, de même on admettra que les gaz sont dissociés en ions + et — qui voyagent dans le sens ou en sens inverse des lignes de force suivant leur signe. Dans les gaz on peut saisir les ions individuellement, les compter, on utilise pour cela la propriété que possèdent les centres gazeux de produire la condensation.

L'expérience que M. Langevin répète devant la Société consiste à produire dans un vase clos de la vapeur sursaturée, elle se condensera si on lui en offre l'occasion; ce phénomène est connu depuis fort longtemps. En particulier si on la soumet aux rayons émis par une ampoule de Crookes ou à l'action des gaz issus d'une flamme, on voit la condensation se produire aussitôt et un brouillard apparait dans le vase clos. M. Langevin montre à ce moment comment on peut appliquer le calcul à l'étude de ce phénomène par suite de la liaison des centres de condensation à celle des ions.

La conductibilité des flammes est très particulière, elle est analogue à celle des électrolytes, mais dans les gaz les mobilités sont plus grandes pour les charges négatives que pour les charges positives. On en arrive à conclure qu'il y a des centres électrisés plus petits que les atomes, à ces centres électrisés isolés on donnera le nom d'*électrons* et à leur cortège le nom de *ions*.

Les rayons cathodiques paraissent être un flux d'électrons qui jaillissent de la cathode, le tube de Crookes est en somme un moyen simple pour nous de produire une coupure dans un circuit électrique et de constater la pluie d'électrons qui en résulte. Mais on peut dire aussi qu'à travers un conducteur métallique se trouvent des électrons libres et que c'est la circulation de ces électrons qui constitue le courant. De même les ondes sont produites dans l'éther par les électrons en mouvement. M. Langevin termine ici ce trop court exposé qui est salué par les nombreux applaudissements de la Société entière.

M. le Président se lève et remercie chaleureusement le conférencier de son intéressante communication; il ajoute que beaucoup de ces théories nouvelles sont l'œuvre de M. Langevin; il montre que les expériences qui ont été faites sous les yeux de la Société et qui ont si brillamment réussi sont particulièrement délicates et difficiles à réaliser; il espère que les industriels électriciens pourront un jour tirer parti de ces idées nouvelles et qu'en tout cas elles jettent une vive lumière sur les phénomènes jusqu'ici peu approfondis du courant électrique.

L'ordre du jour appelle ensuite la communication de M. de Valbreuze sur **Les éclateurs.**

On sait que le rôle des éclateurs couramment employés pour la production de courants de haute fréquence et la télégraphie sans fil est de provoquer la décharge de deux quantités d'électricité de signe contraire. M. de Valbreuze a groupé l'étude du fonctionnement des éclateurs en plusieurs chapitres qu'il passe rapidement en revue. Il montre en particulier que la distance explosive dépend d'un certain nombre de facteurs tels que la forme des électrodes, leur nature, leur état d'oxydation. La pression environnante joue aussi un grand rôle. M. de Valbreuze étudie ensuite la résistance d'un éclateur en fonctionnement et il montre comment on peut la mesurer. Il appelle l'attention sur l'influence de la capacité du circuit oscillant sur l'étincelle et montre à ce sujet une série de courbes de M. Slaby.

En terminant le conférencier rappelle qu'il a été le premier à montrer quel parti on peut tirer des tubes à vapeur de mercure comme éclateurs. M. de Valbreuze a opéré avec un transformateur genre bobine de Ruhmkorff alimenté par un alternateur à forte réaction d'induit; il a comparé l'éclateur ordinaire et l'éclateur à mercure en observant les décharges successives dans un miroir tournant, il conclut en disant qu'on obtient avec les éclateurs à mercure le maximum d'effet avec un silence presque absolu. Les expériences sont malheureusement très rares sur ce sujet, aussi serait-il désirable de voir étudier de près la charge et la décharge à haute tension et d'obtenir l'enregistrement de ces courbes si c'était possible.

La séance est levée à 11h 40m. A. S.

Téléphones de l'Industrie électrique :

Rédaction : N° **812-89.**

Administration { N° **704-23.** N° **704-44.**

ASSOCIATION DES INDUSTRIELS DE FRANCE

CONTRE LES ACCIDENTS DU TRAVAIL

Concours d'indicateur d'état de charge d'un conducteur électrique. — Rapport présenté au Conseil de direction au nom de la Commission d'examen, par M. G. Roux, directeur du Bureau de contrôle des installations électriques. (*Extrait.*)

Des ouvriers électriciens, des contremaîtres, des ingénieurs même, sont chaque année victimes d'accidents, au cours de leurs travaux, par suite de l'ignorance dans laquelle ils se sont trouvés de l'état de charge de conducteurs d'énergie électrique au moment où il était nécessaire d'y faire un travail quelconque et de l'impossibilité de constater rapidement cet état lui-même.

M. le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, justement préoccupé de la gravité de ces accidents, a, d'accord avec le Comité d'électricité, prié un certain nombre de Sociétés ou associations s'intéressant aux applications de l'électricité, de mettre à l'étude un *appareil portatif permettant de reconnaître, par une simple observation, l'état de charge d'un conducteur électrique.*

L'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, a été désignée par ces différents groupements, pour organiser, dans ce but, un concours public international et pour réunir les fonds nécessaires, mission qu'elle a bien voulu accepter.

Une Commission spéciale du concours a été constituée et elle a dressé le programme suivant :

Programme. — L'appareil faisant l'objet du concours est destiné à être mis entre les mains de toutes personnes ayant à effectuer des travaux sur des canalisations électriques ou à proximité de celles-ci, de façon à leur permettre de s'assurer d'une manière permanente qu'elles ne courront aucun danger en touchant à ces canalisations.

L'appareil doit être robuste, d'un transport et d'un maniement faciles; son fonctionnement ne doit pas être troublé par les agents atmosphériques et ses indications doivent toujours être très sûres en tout temps et en toute circonstance.

Si l'appareil est mis directement ou indirectement en contact avec un ou plusieurs conducteurs chargés, il ne doit pouvoir en résulter aucun accident pour l'opérateur, l'appareil ou le réseau de distribution. Il ne doit survenir aucune gêne dans le réseau de distribution de la mise en contact de l'appareil avec une canalisation, ni de son fonctionnement.

Le même appareil doit également s'appliquer aux distributions à courant continu et à courants alternatifs à basse tension et à haute tension, aux canalisations aériennes et souterraines.

Toutefois, l'Association se réserve la faculté d'examiner et de récompenser les appareils qui ne répondraient qu'à une partie du programme.

Les systèmes présentés restent la propriété des inventeurs. Il appartient à ceux-ci de prendre, en temps utile, les mesures nécessaires pour garantir cette propriété.

L'Association se réserve expressément le droit de publier, dans la mesure qui lui conviendra, la description et les dessins des appareils présentés au concours.

La Commission fera ensuite son rapport au Conseil de direction de l'Association, qui pourra décerner un prix de 6000 fr au candidat placé au premier rang ou diviser cette somme suivant le mérite des appareils.

Ce prix de 6000 fr a été institué grâce au concours de généreux donateurs, auxquels la Commission se fait un devoir d'adresser ses plus vifs remerciements.

Dix-huit concurrents ont répondu à l'appel qui leur était adressé.

Après une première étude des dispositifs présentés au concours, la Commission d'examen en a retenu 16, présentés par 8 concurrents, pour être soumis aux épreuves pratiques. Elle a décidé quelle serait la nature de ces épreuves et prié M. Roux, secondé par M. Aliamet, inspecteur chef du laboratoire électrotechnique de la Compagnie du chemin de fer du Nord, de vouloir bien organiser ces épreuves qui ont été faites partie au laboratoire du Bureau de contrôle des installations électriques et partie dans des usines. La Commission a suivi ces essais.

Description sommaire des appareils retenus. — 1° *Appareil de M. Jeanmaire, d'Épinal.* Cet appareil se compose d'une boîte assez lourde (3 à 4 kg) contenant deux relais, une pile et une sonnerie (fig. 1 à 4).

On le présente contre les conducteurs traversés par le courant, en le tenant au bout d'une perche. Le premier relais est

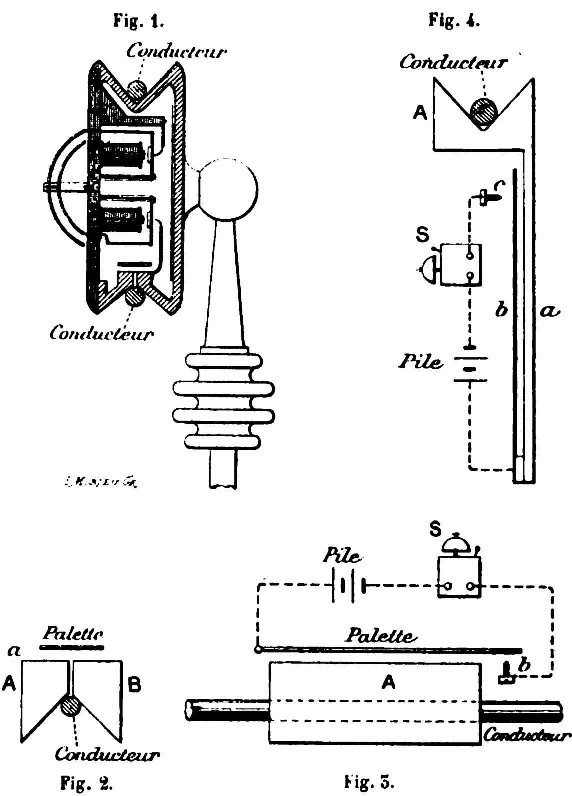


Fig. 1 à 4. — Appareil de M. Jeanmaire.

magnétique et sert pour les courants de basse tension. Il est disposé sur un des côtés de la boîte. L'autre relais est électrostatique et est fixé du côté opposé; il sert pour les hautes tensions.

1° Le relais électromagnétique se compose de deux pièces en fer doux AB très rapprochées et dont la section est en forme de trapèze. Une palette de fer *a* est attirée par le champ magnétique créé en AB lorsque le conducteur est traversé par un courant d'une certaine intensité. Le mouvement de la palette ferme en *b* le circuit de la sonnerie *s* et de la pile *p*.

Un conducteur simplement sous tension ne produit aucun effet; il faut qu'il soit parcouru par un courant.

La solution est donc très incomplète.

2° Le relais électrostatique se compose d'une pièce métallique fixe, sur laquelle s'articule une lame métallique *b* très

légère. En approchant cet ensemble d'un conducteur chargé à haute tension, la lame *b* est repoussée par la lame *a* et vient fermer en *c* le circuit de la sonnerie *s*.

L'ensemble est situé dans la boîte qui porte une gouttière en ébonite A destinée à empêcher tout contact entre le conducteur de haute tension et les pièces métalliques de l'appareil.

Ce dispositif est, en somme, celui connu sous le nom de protecteur du major Cardew appliqué aux transformateurs. On y a simplement ajouté la sonnerie en utilisant l'appareil comme relai.

2° *Appareil de M. Schrottke.* — C'est un appareil ingénieux mais compliqué (fig. 5). En principe, on relie le conducteur (supposé sous tension) à un oscillateur A du genre de ceux employés en télégraphie sans fil pour produire des ondes magnétiques. On utilise ces ondes pour agir à distance sur un tube à limailles, dit cohéreur, formant récepteur et agissant par un relais sur une sonnerie comme dans un véritable poste récepteur de télégraphie sans fil; le poste transmetteur étant constitué par la ligne de haute tension soumise à l'examen amenée en contact avec un oscillateur. Malgré les précautions prises, il est toujours dangereux d'aller accrocher un appareil, même bien isolé, à une ligne de haute tension,

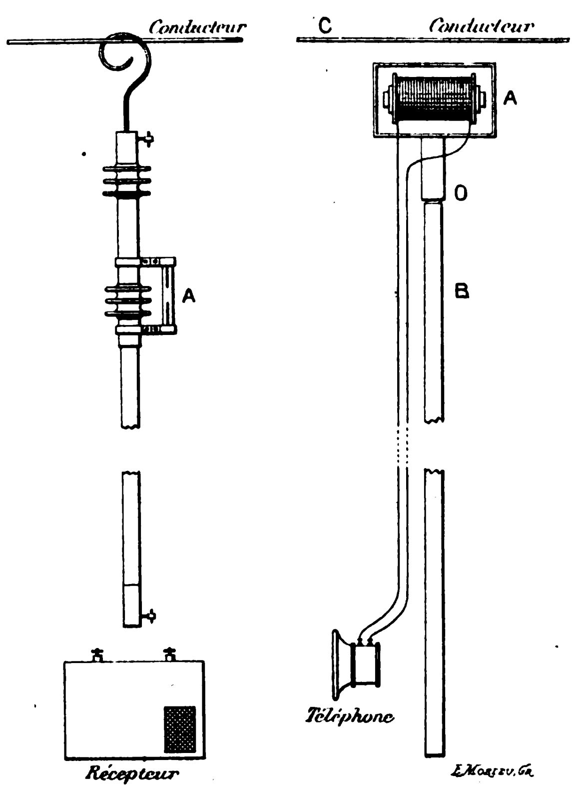


Fig. 5. — Appareil de M. Schrottke.

Fig. 6. — Appareil de M. Knobloch.

surtout en cas de pluie, puisque le fil de terre indispensable traverse la perche qui sert à manier l'instrument. Le producteur d'ondes est assez lourd et il faut un certain nombre d'oscillateurs en réserve, ces appareils ne fonctionnant bien que pour une tension donnée. Le nécessaire construit par la maison Schuckert-Siemens contenait une série d'oscillateurs pour 5000 à 50 000 volts.

Si la tension est inconnue, il faut nécessairement essayer toute la série des oscillateurs en partant de celui de tension maximum, ce n'est que lorsque tous ayant été présentés à la ligne et n'ayant donné aucune onde qu'on peut espérer avec raison que la ligne n'est pas en charge.

3° *Appareil de M. Knobloch.* — Cet appareil se compose d'un nécessaire renfermant deux instruments (fig. 6) : 1° un petit transformateur A articulé en O qu'on tient au bout d'une perche B et qu'on promène à proximité du conducteur C, dont on veut vérifier l'état de charge. Ce transformateur est relié à un téléphone. Celui-ci fait entendre des crachements si le conducteur est traversé par un courant, surtout si le courant est alternatif. Si le conducteur est seulement en charge, il ne peut rien se produire.

Le second instrument se compose d'un voltmètre accompagné d'un réducteur de potentiel : on doit donc brancher l'appareil sur les fils de ligne et ajuster la résistance du réducteur de manière à ne pas brûler le voltmètre si la tension était trop forte.

Cette disposition présente tous les inconvénients relatifs aux appareils qu'il faut mettre en contact avec les fils de ligne.

4° *Appareils de la Minerallac C°.* — Le premier appareil est tout à fait analogue au premier instrument de M. Knobloch. Il se compose d'un transformateur portatif que l'on promène le long du conducteur. Ce transformateur agit sur un téléphone.

Le second sera décrit après le numéro 8 auquel il ressemble.

5° *Appareils de M. Taylor.* — Les appareils de M. Taylor se divisent en appareils pour haute tension et en appareils pour basse tension.

1° L'*appareil pour haute tension* (fig. 7) est constitué par le classique tourniquet électrique fondé sur l'écoulement de l'électricité par les pointes. Il se compose d'un S en fil métallique léger formant le tourniquet proprement dit; l'S est montée sur une chape reposant sur une tige métallique T.

Les extrémités *a* et *b* du tourniquet sont effilées en pointe aiguë.

L'ensemble est abrité par un ballon de verre de 7 à 8 cm de diamètre. Si l'on met la partie inférieure A de la tige T en contact avec un conducteur C sous tension, le tourniquet se met à tourner. — Le contact avec le conducteur de haute tension est nécessaire, et, par conséquent, l'appareil est inefficace en présence d'un conducteur isolé.

2° *Appareils pour courants à basse tension.* — Ces appareils (fig. 8) se composent d'un tube de verre A de 7 à 8 cm de long et de 1 cm de diamètre, fermé à un bout. Le tube est

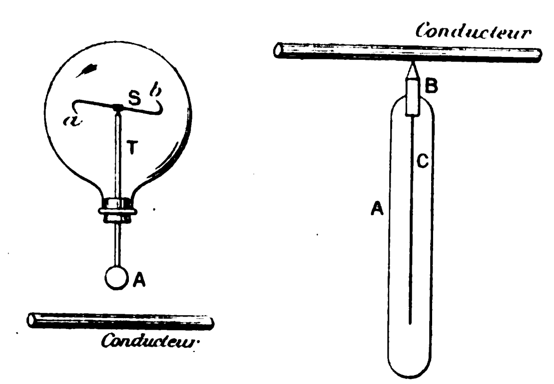


Fig. 7. — Premier appareil de M. Taylor.

Fig. 8. — Deuxième appareil de M. Taylor.

rempli de gazoline tenant en suspension de l'or mussif (bisulfure d'étain) ou des poudres d'aluminium ou de bronze. On ferme enfin le tube avec un bouchon B, laissant passer une tige métallique C pénétrant dans le liquide.

Lorsqu'on secoue un tube de ce genre, la poudre en suspension dans la gazoline ne se rassemble ensuite qu'assez lentement.

Si on met la tige C en contact avec un conducteur chargé

à quelques centaines de volts, le rassemblement de la poudre est pour ainsi dire instantané.

6° *Appareils de la Société industrielle des téléphones.* — C'est un nécessaire contenant deux instruments : l'un pour le courant alternatif, l'autre pour le courant continu :

1° L'*appareil pour courant alternatif* se compose (fig. 9) d'un condensateur C à feuilles d'étain intercalé entre le conducteur à essayer la terre, par l'intermédiaire d'un téléphone T. Si le conducteur est chargé, il passe un courant alternatif à travers le condensateur malgré l'isolement existant entre les feuilles d'étain (propriété du courant alternatif et que ne

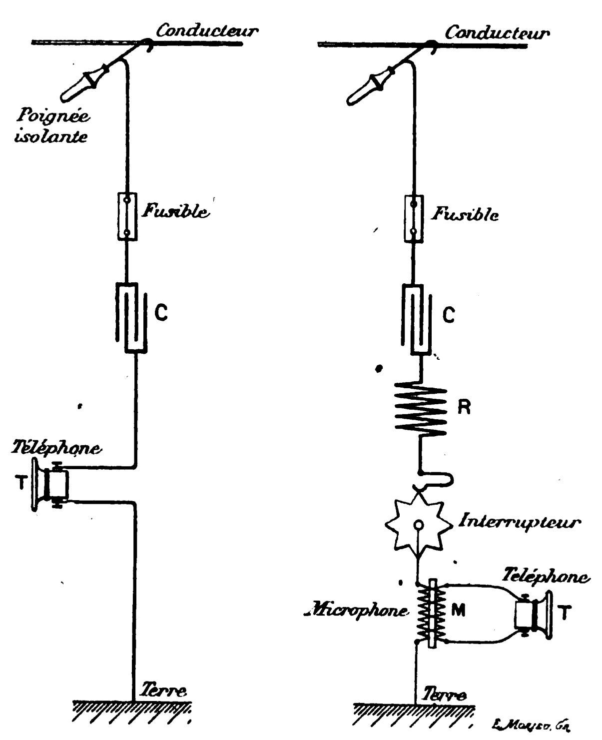


Fig. 9. — Premier appareil de la Société industrielle des Téléphones.

Fig. 10. — Deuxième appareil de la Société industrielle des Téléphones.

possède pas le courant continu). On entend alors un ronflement dans le téléphone si la ligne est en charge.

2° *Appareil pour courant continu.* — Il est constitué comme le précédent, mais pour que le courant puisse agir, on intercale (fig. 10) entre le condensateur et la terre une résistance R embrochée sur un interrupteur rotatif qu'on fait tourner à la main : les courants discontinus par l'interrupteur se rendent à la terre et actionnent par induction un microphone M et le téléphone T.

7° *Appareil de M. Thornton.* — Cet appareil (fig. 11) consiste en un tube de verre T terminé par deux électrodes,

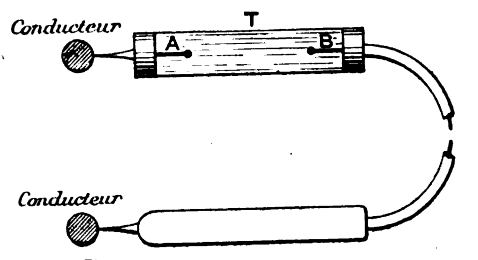


Fig. 11. — Appareil de M. Thornton.

comme un tube d'indicateur de pôles. Le liquide est constitué par de l'huile de pétrole tenant en suspension des filaments de drap carbonisé.

Lorsqu'on met les électrodes AB en contact avec les deux conducteurs d'une canalisation électrique, il passe un faible courant dans le tube T, les filaments de drap carbonisé s'orientent en forme de chaîne et de vives étincelles éclatent entre les fragments de drap. C'est une sorte de carreau étincelant. Une poignée isolante sert à tenir le tube de manière à éviter tout danger pour l'opérateur.

8° *Appareil de M. Miet.* — Cet appareil se compose (fig. 12 d'un tube de verre épais A fermé à une extrémité (éprouvette de laboratoire).

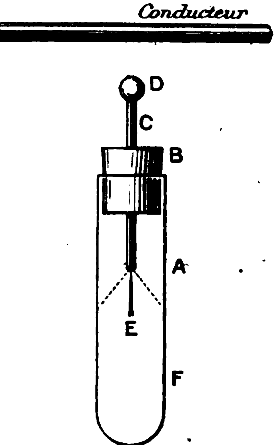


Fig. 12. — Appareil de M. Miet.

Ce tube porte un bouchon en caoutchouc B laissant passer une tige de laiton C terminée par une boule de cuivre D à l'extérieur et par deux minces feuilles d'aluminium E à la partie inférieure.

En tenant l'éprouvette à la main par la partie F et approchant la boule D d'un conducteur en charge, les feuilles d'aluminium s'écartent comme le montre la figure.

L'écart est d'autant plus grand que la tension de la ligne essayée est plus élevée. C'est en somme un électroscope dont la confection est facile et dont le prix de revient ne dépasse pas 50 centimes.

4 bis. *Second appareil de la Minerallac C°.* — C'est un électroscope (fig. 13) analogue à celui de M. Miet; ses dimensions sont assez réduites pour qu'on puisse le porter dans une poche de gilet. Il se compose d'un tube de verre C dont

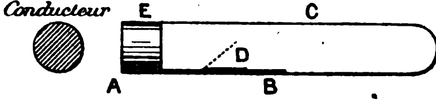


Fig. 13. — Appareil de la *Minerallac C°.*

le bouchon E laisse pénétrer une lame de cuivre AC. Sur celle-ci repose une mince feuille d'aluminium D normalement en contact avec la feuille de cuivre.

Si l'on approche la partie A d'un conducteur chargé, la feuille d'aluminium se soulève comme le montre la figure.

Résultats des expériences et de l'examen technique. — 1° *Appareil de M. Jeanmaire.* — Cet appareil, d'un maniement difficile à cause de son poids, a été examiné à deux points de vue :

a. Le relais électromagnétique n'agit que lorsqu'il passe un courant relativement intense dans le conducteur essayé. — Il ne répond donc pas au programme qui impose le fonctionnement si le conducteur est seulement en charge, même s'il ne passe pas de courant.

b. Le relais électrostatique n'a pas semblé donner d'indications certaines, surtout par les temps humides.

2° *Appareil de M. Schrottke.* — Les producteurs d'ondes sont d'un poids très important et leur maniement au bout d'une longue perche présente de grandes difficultés.

Le nécessaire comporte une collection d'oscillateurs de 5000 à 50 000 volts.

Les inconvénients sont :

a L'appareil producteur d'ondes doit être en contact métallique avec le conducteur à éprouver. —

b. Le fonctionnement ne se produit qu'avec le courant alternatif.

On ne peut donc obtenir d'indications s'il s'agit de courant continu, ou si le courant, étant alternatif, passe dans des câbles isolés.

En résumé, l'appareil ne résout le problème que dans de rares cas particuliers.

3° *Appareil de M. Knobloch.* — Le premier appareil avec transformateur rotatif ne fonctionne que s'il passe un courant assez intense dans la ligne; il faut de plus que le courant soit alternatif.

Le second appareil avec voltmètres ne convient que pour les basses tensions. Ces deux appareils ne répondent pas aux conditions du programme du Concours.

4° *Appareils de la Minerallac C°.* — *a.* Le premier appareil avec transformateur articulé ne répond pas plus au programme que celui de M. Knobloch.

b. Le second appareil, l'électroscope, fonctionne si les conducteurs sont sous tension (continue ou alternative). Il manque de sensibilité et ne paraît pas présenter une protection suffisante pour l'opérateur qui s'en sert. Cela tient surtout aux dimensions très réduites du tube de verre.

Néanmoins, cet appareil est d'un usage assez courant dans les usines Edison à haute tension, à Chicago, et mérite de retenir l'attention.

5° *Appareils de M. Taylor.* — *a.* Le tourniquet électrique soumis aux essais ne commençait à tourner que lorsque la tension atteignait 7000 volts. A des tensions plus élevées, la vitesse du tourniquet augmentait sensiblement.

Dans sa notice descriptive, M. Taylor indique qu'il a réussi à construire un tourniquet fonctionnant à partir de 1500 v.

L'appareil exigeant d'être mis en contact avec les conducteurs chargés, il est imprudent de s'en servir pour les lignes aériennes. Il ne donne pas de résultats avec les câbles isolés.

Son emploi paraît tout indiqué à poste fixe pour les tableaux de distribution ou les stations de transformateurs.

L'instrument ne répond qu'à une partie du programme.

b. On a remarqué que la sensibilité des tubes, c'est-à-dire la rapidité avec laquelle les poudres de bronze se réunissent, dépend de la fluidité du liquide et de la légèreté des poudres.

Les indications sont moins nettes avec le courant continu qu'avec l'alternatif; pour les basses tensions, il fallait prêter beaucoup d'attention lorsqu'on ne dépassait pas 200 volts continu.

Le fonctionnement se produisait en approchant les tubes à quelques centimètres des conducteurs chargés à 6000 et 8000 volts.

En résumé les résultats sont intéressants, mais les indications sont moins visibles qu'avec l'électroscope qui sera examiné plus loin (électroscope Miet). Si l'inventeur arrivait à rendre les phénomènes plus frappants, son indicateur pourrait rendre des services analogues à ceux des électroscopes.

6° *Appareils de la Société des Téléphones.* — Les appareils n'ont pas été expérimentés, car il a semblé très dangereux d'établir une communication entre la terre et une canalisation à haute tension par l'intermédiaire d'une boîte que l'on doit manipuler et relier aux conducteurs chargés, par un fil volant, ce fil fût-il bien isolé.

7° *Appareil de M. Thornton.* — Cet appareil donne des étincelles visibles même par le soleil. Grâce à son manche isolant, on peut le manier sans danger, mais il présente l'inconvénient de nécessiter la mise en contact avec les deux conducteurs nus d'une canalisation.

L'appareil mérite également de retenir l'attention quoiqu'il ne réponde pas à toutes les conditions du programme.

8° *Appareil de M. Miet.* — L'électroscope peut être tenu à la main sans danger, car il n'a pas besoin d'être amené au contact des conducteurs chargés, sauf s'ils le sont à basse tension. — En approchant la boule de cuivre à 2 ou 3 cm d'un conducteur chargé à 2500 v, la répulsion des feuilles d'aluminium était presque totale.

Lorsque le conducteur était porté à 10 000 v, la séparation des feuilles d'aluminium était très notable en tenant la boule de cuivre à 10 cm du conducteur.

D'ailleurs, si on mettait la boule en contact avec un conducteur, il ne se produirait pas d'inconvénient pour l'opérateur.

Le même appareil donnait une déviation déjà très sensible en le mettant au contact d'un conducteur nu chargé au potentiel de 100 volts continu, l'autre pôle de la canalisation étant relié au sol.

En résumé, l'appareil Miet est très sensible et fonctionne entre des limites de tension très étendues de 100 à 20 000 v.

Pour de très hautes tensions, l'inventeur indique qu'on peut dévisser la boule de cuivre et la remplacer par un bloc de bois dur. La sensibilité reste suffisante pour les très hautes tensions et le danger est nul pour l'opérateur. Cet appareil répond donc bien aux conditions du programme.

Les expériences qui précèdent ont porté sur l'essai d'un conducteur unique, isolé ou non, armé ou non. Il va de soi que les appareils du Concours ne peuvent fournir aucune indication avec les câbles armés concentriques, puisque ces derniers ne donnent lieu à aucun champ extérieur.

Conclusions. — La Commission estimant que les conditions du programme n'ont pas reçu une satisfaction absolue, a l'honneur de proposer au Conseil de direction les résolutions suivantes :

Pas de premier prix.

Un 2e prix à M. *Maurice Miet*, avec une somme de 3500 fr.

Un 3e prix à M. *J.-B. Taylor*, avec une somme de 1000 fr.

Deux mentions honorables à M. le professeur *Thornton* et à la *Minerallac C°* avec une somme de 500 fr à chacun d'eux.

Dans sa séance du 17 octobre 1905, le Conseil de direction de l'Association a ratifié les propositions de la Commission d'examen.

BIBLIOGRAPHIE

Cours de Mécanique appliquée aux machines : Générateurs de vapeur, par J. Boulvin. — *E. Bernard*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25 × 15 cm ; 320 pages. — Prix : ? fr.

M. Boulvin reprend successivement en seconde édition et au fur et à mesure de leur épuisement en première les nombreux volumes, dits fascicules, de son Cours, qui n'en comprend pas moins de huit. C'est la seule manière de tenir au courant une œuvre de cette importance dont les divers éléments ne sauraient jamais se vendre également et se tenir uniformément au courant des progrès de la science et de l'industrie. Opérer ainsi, en suivant la demande, assure le renouvellement le plus rationnel et le plus conforme aux besoins des travailleurs.

Avant ce volume, la *Théorie des Machines thermiques* et les *Machines servant à déplacer les fluides* avaient déjà eu l'honneur de la réédition. Après lui, la *Théorie générale*

des mécanismes nous est annoncée comme en réimpression. La moitié du Cours se trouvera ainsi rajeunie, ce qui est, en si peu de temps, un fort honorable succès; et, bien que l'œuvre de M. Boulvin, couronnée par l'Académie des Sciences française, n'attende plus pour son honneur les éloges que nous pourrions lui décerner, nous sommes heureux de voir la masse des étudiants consacrer par sa demande le haut renom que lui a fait notre docte et illustre assemblée.

Rappelant tout d'abord d'une manière succincte les théories de la physique industrielle relatives à la production et à la transmission de la chaleur dans ce qu'elles ont d'indispensable pour l'étude des chaudières à vapeur, cet ouvrage se limite ensuite sagement à la description des types essentiels et bien caractérisés de générateurs de vapeur qui ont reçu la sanction de l'expérience. Les chaudières de locomotives et de navires n'y sont mentionnées qu'incidemment et seulement pour la part de renseignements que leur fonctionnement apporte à celui des générateurs fixes: leur étude approfondie fait l'objet d'un autre fascicule.

Y sont également traitées les questions relatives aux appareils accessoires et la canalisation de la vapeur jusqu'aux récepteurs proprement dits. Ce volume comprend, en un mot, la théorie et l'application des appareils servant aux transformations de l'énergie calorique depuis le combustible jusqu'au régulateur de la machine exclusivement.

Les nombreuses additions de détail faites à cette nouvelle édition portent notamment sur l'exposé plus complet de la détermination du pouvoir calorifique des houilles, l'analyse des gaz de la combustion, la description de quelques nouveaux systèmes de générateurs, la théorie de la circulation dans les chaudières à tubes d'eau et les résistances à l'écoulement de la vapeur dans les canalisations. La détermination de la quantité d'eau entraînée par la vapeur a été complétée par l'indication de quelques procédés récents; enfin les surchauffeurs, dont l'application n'est devenue courante que depuis la première édition, ont été l'objet de tous les développements qu'ils comportent.

Ainsi mis au point, cet ouvrage est, en sa forme succincte, un des plus complets sur la matière. Le sujet qu'il embrasse est trop connexe des applications électriques pour que nous n'ayons fait que notre devoir en lui consacrant une certaine place dans nos colonnes.

E. Boistel.

Traité pratique d'Électrochimie, de R. Lorenz, refondu, d'après l'édition allemende, par G. Hostelet. — *Gauthier-Villars*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 25 × 16 ; 325 pages. — Prix : 9 fr.

Complètement remanié d'un commun accord entre l'auteur et le traducteur, ce livre, primitivement conçu en simple programme d'expériences à faire par les élèves électrochimistes du Polytechnikum de Zurich, a reçu dans sa forme actuelle un développement systématique qui en relie et coordonne les divers éléments. Les auteurs se sont en effet proposé d'associer ici aux moyens d'instruction pratique une méthode d'enseignement progressif au laboratoire, tant pour faire comprendre l'esprit des théories que pour apprendre à trouver en elles un guide de travail expérimental.

L'ouvrage est divisé en trois parties : la première étudie d'une façon élémentaire les lois et les réactions fondamentales de l'Électrochimie proprement dite, à l'aide des dispositifs expérimentaux les plus simples; la seconde, qui traite spécialement de l'électrolyse des solutions aqueuses, indique comment, au moyen des théories physico-chimiques, on peut mesurer les grandeurs physiques rencontrées dans la première partie et suivre les conséquences réciproques de leurs variations; la troisième enfin, consacrée à l'Électrochimie appliquée, constitue un essai d'application des méthodes de mesures étudiées dans la seconde partie à la recherche des conditions propres à favoriser des réactions déterminées.

Chacune de ces parties commence par une introduction qui traite des notions et principes généraux nécessaires à son intelligence, et, de plus, les exercices, au nombre de plus de soixante au total, basés sur les théories admises, sont précédés d'un exposé sommaire qui en montre la portée. Aucune de ces parties du livre n'a cependant la prétention de traiter complètement la matière qui en fait l'objet et ne dispense de recourir, pour une étude plus approfondie, aux traités classiques ou spéciaux d'Électrochimie.

Cet ouvrage n'est, en somme, qu'une réunion d'éléments d'enseignement complémentaire des études de laboratoire, et, tel quel, il est appelé à rendre de réels services en facilitant l'étude de l'électrochimie.

E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

353 061. — **Société anonyme Le Carbone.** — *Perfectionnements apportés aux piles électriques à liquide immobilisé* (5 avril 1905).

353 140. — **Zook et Cooper.** — *Pile électrique* (8 avril 1905).

353 147. — **Jacob.** — *Préparation des oxydes de plomb pour accumulateurs* (8 avril 1905).

352 919. — **Firme Haefely et Cie.** — *Fabrication de tubes isolateurs au moyen d'un mandrin enrouleur* (3 avril 1905).

352 920. — **Firme Haefely et Cie.** — *Fabrication d'enveloppes isolatrices au moyen d'un tambour tournant* (3 avril 1905).

352 964. — **Cooper-Hewitt.** — *Système de connexions permettant d'employer un appareil à vapeur comme redresseur de courants* (4 avril 1905).

353 076. — **Elektricitäts Gesellschaft vorm. Lahmeyer und C°.** — *Doigt de contact pour appareils électriques* (6 avril 1905).

353 152. — **Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft.** — *Dispositif pour tenir propre pendant la marche le commutateur dans les compteurs moteurs* (8 avril 1905).

353 154. — **Ottinger.** — *Commutateur de sûreté* (8 avril 1905).

353 160. — **The New Phonophore Telephone C°.** — *Méthode et appareil pour la production de décharges électriques à potentiel élevé* (8 avril 1905).

353 243. — **Christensen.** — *Relais de renforcement du son* (12 avril 1905).

353 308. — **Doye.** — *Disposition pour empêcher la manivelle du téléphone de faire plus d'un tour* (24 mars 1905).

353 214. — **Société Siemens Schuckert Werke Gesellschaft.** — *Démarreur électrique à renversement de marche* (11 avril 1905).

353 241. — **Albion Motor Car Company Ltd.** — *Génératrices magnéto-électriques* (12 avril 1905).

353 260. — **Thomas.** — *Perfectionnements dans les appareils électriques à vapeur* (12 avril 1905).

353 221. — **Panian.** — *Régulateur électrique* (11 avril 1905).

353 232. — **Société Juste et Cie.** — *Dispositif de coupe-circuits à barrettes interchangeables* (11 avril 1905).

353 233. — **Société Juste et Cie.** — *Perfectionnements aux interrupteurs électriques* (11 avril 1905).

353 264. — **Société des Ateliers de constructions électriques de Charleroi.** — *Convertisseur de courants alternatifs avec enroulement compensateur ayant pour but d'éviter les champs d'ordre supérieur* (3 janvier 1905).

353 279. — **Heap, Richardson et autres.** — *Support pour conducteurs électriques aériens* (11 février 1905).

353 314. — **Société Land und Seekabelwerke.** — *Dispositif indicateur de décharges produites aux dispositifs de sûreté protégeant les conducteurs contre le survoltage dans les canalisateurs* (   ).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

Société anonyme d'éclairage électrique du secteur de la place Clichy. — CAPITAL : SIX MILLIONS DE FRANCS. — RAPPORT PRÉSENTÉ PAR LE CONSEIL D'ADMINISTRATION *à l'Assemblée générale ordinaire du* 26 *octobre* 1905. — Nous venons vous rendre compte des résultats de notre quinzième exercice et sommes heureux de pouvoir vous dire que nos affaires ont continué à progresser.

Cette progression eût été encore beaucoup plus importante si la Ville de Paris n'avait pas faussé les conditions de notre concurrence avec le gaz, en abaissant de ses deniers le prix de celui-ci, nous causant ainsi un grave préjudice dont nous comptons bien obtenir réparation.

Pour pouvoir desservir les nouveaux abonnés qui se présentent, nous sommes obligés d'engager de nouvelles dépenses que nous nous efforçons de réduire au strict minimum, en raison de l'incertitude de l'avenir, mais qui se chiffrent néanmoins par des sommes importantes.

L'examen détaillé de nos opérations pendant l'année 1904-1905, ainsi que du bilan, vous montrera que notre situation est satisfaisante.

Travaux neufs. — Les travaux neufs pendant l'exercice se sont élevés à :

Usine, y compris les câbles qui figuraient sur le compte Réseau		123 140,35 fr.
Réseau	70 307,65	288 226,60
Branchements	156 334,70	
Compteurs	61 584,25	
Matériel d'éclairage public		3 098,10
Stations régulatrices : câbles du compte Réseau		46 113,00
Voies privées : câbles du compte Réseau		60 118,00
Total		520 696,05 fr.

Il y a lieu d'en déduire :

Diminution du compte Réseau pour transport sur d'autres comptes	160 540,00
Augmentation réelle des travaux neufs	360 156,05 fr.

Moins :

Diminution sur compte Usine	4065,05	7 941,65
Diminution sur compte Transformateurs	2718,18	
Diminution sur compte Appareillage	1158,50	
Total effectif		352 214,40 fr.

Usine. — Les 123 140,35 fr portés au compte Usine se répartissent ainsi :

Matériel divers	68 831,35 fr.
Valeur des câbles existant dans l'usine et qui figuraient jusqu'ici au compte Réseau	54 309,00
	123 140,35 fr.
Il y a lieu d'en déduire la diminution portée ci-dessus	4 065,05
Augmentation effective	119 075,30 fr.

Réseau. — Ainsi qu'il résulte des chiffres ci-dessus, nous avons jugé convenable, au moment où nous finissons d'amortir notre compte Réseau, de faire sortir de ce compte la valeur de certains câbles qui ne reviendront pas gratuitement à la Ville à la fin de la concession.

Les câbles contenus dans l'usine	54 309 fr.
Les câbles contenus dans les stations régulatrices	46 113
Les câbles contenus dans les voies privées	60 118
Total	160 540 fr.

Au 30 juin, notre réseau s'étendait sur 104,749 km et comportait une longueur de câbles de 602 618,70 m, ainsi que l'indique le tableau suivant :

DÉVELOPPEMENT.	EXISTANT AU 30 JUIN				
	1901.	1902.	1903.	1904.	1905.
	m.	m.	m.	m.	m.
Du réseau	98 090,0	100 528,6	102 974,5	103 933,6	104 749,3
De la canalisation à cinq fils	91 160,5	93 622,3	96 266,6	97 281,7	98 120,3
De la canalisation feeders	47 859,8	50 525,8	51 756,7	52 446,7	52 560,3
Des câbles de distribution	455 802,4	468 111,7	481 333,2	486 408,5	490 601,5
Des feeders	87 875,5	92 807,5	95 669,4	96 573,3	96 800,5
Des câbles d'éclairage public	15 184,7	15 184,7	15 184,7	15 216,7	15 216,7
Total des câbles	558 862,6	576 103,9	592 187,3	598 198,5	602 618,7

Branchements. — Voici la situation des branchements au 30 juin 1905 :

Désignation.	Existant au 30 juin 1901.	1902.	1903.	1904.	1905.
Branchements extérieurs.	2586	2776	2989	3130	3266
Colonnes montantes. . . .	1433	1551	1665	1734	1785
Branchements intérieurs simples	1310	1410	1532	1637	1728
Branchements intérieurs sur colonnes montantes.	5597	6373	7171	7945	8742

L'augmentation a été de 136 branchements et 51 colonnes montantes.

Les colonnes montantes installées continuent à être, d'année en année, mieux utilisées.

Si l'on admet, en effet, qu'une colonne montante peut desservir en moyenne 6 logements, nous pourrions, avec nos 1785 colonnes montantes, alimenter 10710 logements. Nous en desservons 8742, soit 81 pour 100, contre 76 pour 100 l'année dernière à la même date.

Compteurs. — Le nombre des compteurs en service chez les abonnés était, au 30 juin, de 8974, au lieu de 8427 l'an dernier.

Ascenseurs. — Le nombre des ascenseurs est passé, cette année, de 483 à 494 dont 273 purement électriques, 67 mixtes et 154 mixtes par compensateur.

Chauffage électrique. — Le chauffage électrique présente peu d'accroissement. Cependant nous alimentons l'équivalent de 4448 lampes de 10 bougies, au lieu de 3771 lampes l'an dernier.

Nous avons continué cette année des essais déjà entrepris précédemment et ayant pour but de développer ce genre de chauffage si intéressant au point de vue de l'hygiène.

Automobiles. — La charge des automobiles électriques nous a procuré, durant cette année, une recette de 123128,85 fr.

Abonnements. — Le nombre de polices en service a augmenté de 529 pendant l'exercice; il était de 8923 au 30 juin.

Nombre	Existant au 30 juin 1901.	1902.	1903.	1904.	1905.
De polices souscrites	8 862	10 317	11 876	13 443	15 155
De polices en service. . . .	6 354	7 113	7 843	8 394	8 923
De lampes de 10 bougies . .	305 465	339 510	367 846	404 743	432 719
Dont :					
Pour le service des particuliers :					
Éclairage.	263 590	293 151	317 310	346 709	370 075
Force motrice en lampes de 10 bougies	32 827	36 694	40 074	44 406	46 752
Charge d'automobiles. . .	2 613	3 003	3 555	6 029	7 199
Chauffage en lampes de 10 bougies.	2 573	2 834	3 079	3 771	4 448
Pour l'éclairage public et municipal	3 862	3 828	3 828	3 828	4 245

Quant au nombre de lampes installées réduites en lampes de 10 bougies, le tableau ci-dessus montre qu'il s'élève à 432 719 et qu'il a augmenté de 27976 sur l'année dernière.

La moyenne de lampes par abonné est de 48.

Notre Secteur s'étendant seulement sur 517 hectares, desquels il y a lieu de déduire 65 hectares pour le Parc Monceau et la gare de l'Ouest avec ses ateliers, ce qui réduit à 452 hectares la surface à alimenter, et la population de ce territoire étant de 199 000 âmes, on voit que le nombre de lampes desservies par notre Société est de 957 par hectare et de 2,17 par habitant. Ce sont là des proportions bien rarement atteintes; elles prouvent la satisfaction de notre clientèle.

Si nous rapprochons le développement des installations de celui de la canalisation, nous constatons que le premier continue à dépasser le second, puisque le total des installations correspond à une moyenne de 441 lampes de 10 bougies par 100 mètres de canalisation, contre 416 en 1904.

Polices nouvelles. — Pendant l'année, nous avons fait signer encore 1712 nouvelles polices, et le nombre de nos abonnés en service est aujourd'hui de 8925.

Depuis l'origine de la Société nous avons fait signer : polices		15 155
Il y a lieu de déduire de ce chiffre le nombre de polices signées par de nouveaux abonnés reprenant des installations anciennes dont les titulaires étaient morts ou avaient déménagé, soit		4 477
Il n'y a donc eu réellement que.		10 678
contrats répondant à autant d'installations :		
Sont encore en service.	8 923	
Ne sont pas encore terminées.	147	
		9 070
Il y a donc eu		1 608

polices annulées qui ne sont pas encore remplacées et qui représentent un déchet de 10,6 pour 100 en quatorze ans ou 7 dixièmes pour 100 par an.

Il nous semble intéressant à ce propos de revenir en arrière et de vous présenter un tableau qui vous permettra d'apprécier le développement successif de nos affaires.

Ce tableau indique pour chacun de nos quinze exercices, le nombre d'abonnés de chaque catégorie (éclairage domestique, éclairage commercial, force motrice, chauffage et charge d'automobiles) réellement acquis pendant l'exercice. Il ne tient pas compte des polices de remplacement; il défalque également les polices annulées et non encore remplacées. En d'autres termes, les chiffres qu'il indique permettent de retrouver par une simple addition le nombre d'abonnés réellement en service à la fin de chaque exercice; c'est ainsi que l'addition des quinze exercices écoulés donne le chiffre de 8923 porté ci-dessus comme étant celui des polices en service au 30 juin 1905.

Voici ce tableau :

EXERCICES.	ÉCLAIRAGE DOMESTIQUE.	ÉCLAIRAGE COMMERCIAL.	FORCE MOTRICE.	CHAUFFAGE.	CHARGE D'AUTOMOBILES.	FOURNITURES HORS SECTEUR.	TOTAL.
1890-1891	35	121	»	»	»	»	156
1891-1892	138	141	4	»	»	»	283
1892-1893	194	105	5	»	»	»	304
1893-1894	360	88	17	»	»	»	465
1894-1895	334	84	20	»	»	»	438
1895-1896	359	83	69	4	»	»	515
1896-1897	453	136	108	6	»	»	705
1897-1898	552	214	85	10	»	»	861
1898-1899	604	136	85	11	»	»	886
1899-1900	787	151	64	5	12	»	1019
1900-1901	457	199	49	8	10	1	724
1901-1902	575	138	34	5	7	»	759
1902-1903	550	125	48	5	6	»	730
1903-1904	437	71	24	8	11	»	551
1904-1905	351	129	32	12	5	»	529
Totaux. . .	6186	1969	644	72	51	1	8923

On peut faire à propos de ce tableau diverses remarques.

La force motrice ne se développe pas beaucoup. Sur les 644 installations existant au 30 juin 1905, 494 sont des ascenseurs; 150 seulement correspondent à d'autres emplois de la force motrice électrique. Cela tient d'une part à ce qu'il y a très peu de grande industrie dans les quartiers desservis par notre Société et d'autre part à ce que l'industrie familiale, qui y est largement représentée, est très routinière. Pour développer l'emploi de la force motrice électrique dans l'industrie familiale, nous avions offert à des cordonniers en

chambre du quartier des Épinettes de prendre à notre charge pour les 10 premiers qui s'abonneraient tous les frais d'installation, y compris la machine à coudre, et de leur fournir gratuitement le courant pendant une année; aucun d'eux n'a tenté l'expérience, la routine étant plus forte que l'intérêt.

L'éclairage domestique se développe beaucoup plus que l'éclairage commercial, 6186 abonnés contre 1969 seulement. Et cependant l'éclairage domestique est tarifé à 0,15 fr l'hectowatt-heure (sauf en ce qui concerne les services généraux d'immeubles), tandis que l'éclairage commercial, tarifé à des

Recettes, Dépenses, Produits Nets

pendant les quinze premières années de l'Exploitation.

prix variables suivant les durées d'allumage, ressort en moyenne à 0,103 fr seulement l'hectowatt-heure. Ainsi l'abonné qui paye cher vient plus facilement à nous que l'abonné qui paye bon marché.

C'est que pour le particulier qui éclaire son appartement le prix n'est pas la considération principale. Ce qui lui importe avant tout, c'est la permanence du service à toute heure du jour et de la nuit, sans *aucune* interruption, la parfaite régularité du courant, le maintien de la tension. Il n'estime pas payer trop cher la commodité, l'élégance, l'hygiène de ce

mode d'éclairage. Au surplus, l'électricité, quand on a soin de ne pas laisser de lampes allumées inutilement, coûte encore moins, même au prix de 0,15 fr, que la bougie, l'huile ou le pétrole, qui ne se prêtent pas aux extinctions et allumages répétés. Quant au gaz, on sait qu'à Paris il n'est que peu employé comme éclairage d'appartement, sauf pour les couloirs et les cuisines.

Tout au contraire, pour le commerçant qui éclaire son magasin, ses bureaux ou ses ateliers, le prix est presque tout; l'éclairage fait partie des frais généraux. La lutte contre le gaz, déjà difficile autrefois, l'est encore davantage depuis l'abaissement de son prix par suite de l'intervention des finances municipales.

Ce serait donc ne tenir aucun compte des résultats de l'expérience que de proposer pour l'avenir un même tarif pour tous les emplois de l'éclairage électrique. Sans doute, il est désirable de réaliser un abaissement général, ce que les Secteurs n'ont pu faire jusqu'à présent en raison des lourdes charges d'amortissement résultant de leurs trop courtes concessions. Mais c'est surtout pour les commerçants que cet abaissement doit être considérable, sous peine de priver encore la plupart d'entre eux de ce mode d'éclairage. Et, comme le prix *moyen* de vente de l'énergie électrique doit permettre de faire face aux charges de l'entreprise, le maintien d'un prix relativement élevé pour l'éclairage domestique est la condition indispensable du grand abaissement de prix pour l'éclairage commercial,

Nous avons représenté par un tableau (page 525) les résultats des quinze exercices écoulés, afin que l'on puisse d'un seul coup d'œil se rendre compte de la marche ascendante de nos affaires.

Accidents du travail. — Nous avons payé aux Compagnies qui nous assurent contre les conséquences de la loi du 9 avril 1898 des primes de 12 891,10 fr. En outre, nous avons versé aux blessés une somme de 1 434,80 fr. La Compagnie, de son côté, a versé aux blessés 10 567,95 fr, espèces et frais médicaux.

Caisse des malades. — Vous savez que nous bonifions la moitié du salaire à nos agents malades, ainsi que des secours médicaux et pharmaceutiques. La dépense pour la Caisse des malades, cette année, a été de 8 587,70 fr qui figurent dans les dépenses d'exploitation.

Secours et dons. — Parmi nos dépenses d'exploitation figure encore une somme de 13 823,95 fr qui a servi à assurer à nos agents appelés au service militaire leur traitement intégral, à payer des frais d'inhumation, à donner des secours à des veuves, etc., enfin à subventionner certaines œuvres de l'arrondissement.

Institut d'épargne. — Notre Caisse spéciale d'épargne continue à rendre les services que nous en attendions et est très appréciée de notre personnel en raison des avantages spéciaux qu'elle leur procure.

Les résultats de cette année sont les suivants :

Solde en caisse au 30 juin 1904	95 115,60 fr.
Sommes versées par 271 déposants	174 463,50
Intérêts bonifiés	5 701,65
	273 280,75
Remboursements	114 100,90
Reste au 30 juin 1904	159 179,85 fr.

appartenant à 263 déposants (8 comptes seulement ont été soldés).

La somme restant déposée dans la caisse a donc augmenté de 66 064,25 fr sur l'année dernière.

Gratifications au personnel, — Pour répondre au désir de notre personnel, nous avons décidé de répartir les gratifications par semestre au lieu de les distribuer en une fois à la fin de l'année.

L'exercice 1904-1905 se trouve donc être chargé exceptionnellement de trois semestres, ce qui explique l'augmentation de ce compte.

C'est pour cette raison aussi que les dépôts à l'Institut d'épargne ont anormalement augmenté.

Bibliothèque. — Le 9 avril 1903, nous avons installé une bibliothèque composée de 600 volumes choisis. Les livres sont mis gratuitement à la disposition de notre personnel. La distribution a lieu une fois par semaine et la durée du prêt d'un volume est de quinze jours.

Pendant l'exercice, il a été prêté 1208 volumes, répartis entre une moyenne de 25 lecteurs, soit 5 volumes par lecteur et par mois.

Bilan. — Voici maintenant le Bilan et le compte de Profits et Pertes.

BILAN AU 30 JUIN 1905

Actif.

Usine		8 977831,55	8 393 509,80 fr.
Moins dépréciation		584 321,75	
Réseau		6 749 225,35	225,35
Dépréciation antérieure	6 250 000	6 749 000,00	
— de l'année	499 000		
Voies privées			60 118,00
Appareillage			4 252,30
Matériel d'éclairage public			49 790,20
Branchements			3 110 068,70
Compteurs			1 280 436,25
Stations régulatrices			346 405,50
Transformateurs			4 812,05
Rue Nollet			7 536,85
Magasin, existences à l'inventaire			440 072,35
Cautionnements			206 171,00
Caisse, espèces			12 0[illegible]3,75
Débiteurs banquiers			27 311,80
Débiteurs divers			458 403,40
Maisons de rapport			693 767,55
Valeurs en portefeuille			5 456 931,30
Total			20 551 856,15 fr.

Passif.

Capital		6 000 000,00 fr
Obligations	9 000 000	3 716 500,00
— remboursement	5 283 500	
Réserve légale		600 000,00
— spéciale		940 000,00
Amortissement (art. 51 des Statuts)		5 960 667,15
Amortissement industriel		1 650 000,00
Créanciers divers		787 705,80
Coupons d'actions		1 735,65
Coupons d'obligations		36 194,80
Obligations à rembourser		140 500,00
Comptes de Profits et Pertes		718 552,75
Total		20 551 856,15 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES

Actif.

Jetons des administrateurs, 4 p. 100 sur 3 498 696,40.		139 917,85 fr.
Rémunération des commissaires des comptes		1 800,00
Intérêts des obligations	215 474,90	
Intérêts divers	21 506,10	
Ensemble	236 981,00	
Dont à déduire les intérêts des valeurs en portefeuille	208 204,10	
		28 776,90
Participation de la ville de Paris		253 692,50
Gratifications au personnel		198 981,75
Perte subie sur matériel déplacé		7 941,65
Dépréciation du réseau		499 000,00
Amortissement industriel		1 650 000,00
Solde créditeur		718 552,75
Total		3 498 696,40 fr.

Passif.

Produit brut de l'exploitation :

Éclairage public et municipal. . .	134 539,30	
Éclairage privé.	4 637 592,90	5 574 637,45 fr.
Recettes diverses.	802 505,25	
Dépenses de l'exploitation.	1 295 821,70	2 075 941.05
Courant d'Asnières	780 119,35	
Produits nets de l'exploitation		3 498 696,40 fr.

Quoique tous ces comptes vous soient familiers, nous croyons devoir ajouter quelques mots sur différents articles :

Obligations. — Suivant vos votes successifs, nous avons émis, depuis l'origine de la Société, cinq séries d'obligations dont le détail suit :

Première émission. — 2500 obligations 5 pour 100 de 1000 fr (numéros 1 à 2500). . . .	2 500 000	
Tous ces titres ont été remboursés, soit	2 500 000	
Deuxième émission. — 3000 obligations 5 pour 100 de 500 fr (numéros 2501 à 5500). .	1 500 000	232 500
Sur ces titres, il y a eu 22 remboursements, ensemble 2535 obligations, soit	1 267 500	
Troisième émission. — 2000 obligations 4,5 pour 100 de 500 fr (numéros 5501 à 7500) .	1 000 000	166 500
Sur ces titres il y a eu 19 remboursements, ensemble 1667 obligations, soit..	833 500	
Quatrième émission. — 2000 obligations 4,5 pour 100 de 500 fr (numéros 7501 à 9500).	1 000 000	317 500
Sur ces titres, il y a eu 10 remboursements, ensemble 1365 obligations, soit	682 500	
Cinquième émission. — 6000 obligations 4,5 pour 100 de 500 fr (numéros 9501 à 15500) qui ne peuvent être remboursés avant 1907.		3 000 000
Reste en circulation au 30 juin 1905		3 716 500 fr.

Valeurs en portefeuille. — Le compte portefeuille se compose de :

10465 actions de 500 fr du Triphasé, soit au pair. .	5 232 500,00 fr.
310 actions de 500 fr du Nord-Lumière, soit au pair.	150 000,00
261 actions de 500 fr de l'Électrique de Montmorency, dont moitié versée	65 000,00
21 obligations Ville de Paris.	8 951,30
Total.	5 456 951,30 fr.

La Société l'Électrique de Montmorency a été fondée le 8 août 1904. Elle se propose de distribuer dans certaines communes de la banlieue de Paris l'électricité que lui vendra le Triphasé, ainsi que le fait déjà la Société le Nord-Lumière dans d'autres communes.

Approvisionnements. — Les approvisionnements constatés par l'inventaire du magasin donnent, par rapport à l'année dernière, une diminution de 15 477,65 fr.

Exploitation. — Les dépenses d'exploitation se sont élevées à :

1 295 821,70 fr, auxquels il faut ajouter
780 119,35 fr pour le courant qui nous a été fourni par l'usine d'Asnières et celui du Nord-Lumière.

2 075 941,05 fr.

L'année dernière ce compte était :

Dépenses ordinaires	1 234 803,75 fr.
Courant d'Asnières	791 548,85
	2 026 352,60 fr.

L'augmentation a été de 49 588,45 fr.

Les recettes de l'exploitation sont de 5 574 637,45 fr contre 5 331 821,30 fr l'année dernière.

Soit une plus-value de 242 816,15 fr.

Les produits nets ont donc augmenté de 193 227,70 fr sur l'année dernière.

Éclairage privé. — On voit, par le tableau ci-après, que 428 474 lampes ont produit une recette de 4 637 592,90 fr, soit une moyenne de 10,82 fr par lampe.

CATÉGORIES.	NOMBRE D'ABONNÉS.	NOMBRE DE LAMPES DE 10 BOUGIES.	CONSOMMATION ANNUELLE	PRODUIT ANNUEL PAR LAMPE.
			fr.	fr.
Éclairage commercial. .	1969	120 561	2 321 786,75	19,26
Éclairage domestique. .	6186	248 028	1 896 372,70	7,65
Force motrice.	644	46 668	258 933,15	5,55
Chauffage.	72	4 448	7 353,80	1,65
Automobiles	51	7 139	123 128,85	17,25
Totaux	8922	426 844	4 607 575,25	
Fournitures hors secteur.	1	1 630	30 017,65	18,42
Ensemble. . . .	8923	428 474	4 637 592,90	10,82

Compte de profits et pertes. — Le produit net de l'exploitation a été de 3 498 696,40 fr qui figurent au crédit du compte de profits et pertes.

Au débit du même compte figurent les jetons des administrateurs, fixés par l'assemblée générale du 30 octobre 1902 à 4 pour 100 du produit net de l'exploitation		139 947,85 fr.
La rémunération des commissaires		1 800,00
Les intérêts des obligations. . . .	215 474,90	
Les intérêts divers.	21 510,10	
	236 981,00	
Dont à déduire le produit des valeurs en portefeuille	208 204,10	
		28 776,90
La participation de la ville de Paris.		253 692,50
Une somme qui a été répartie à notre personnel à titre de gratifications.		198 984,75
Nous avons déduit de la valeur de l'usine pour perte subie sur matériel déplacé.		7 941,65
Nous avons jugé devoir porter, cette année, comme dépréciation du réseau, une somme de.		499 000,00
Et pour amortissement industriel.		1 650 000,00
Il reste un solde disponible de		718 552,75
Total		3 498 696,40 fr.

Répartition. — Nous vous proposons de répartir comme suit le solde disponible :

Nous devons affecter au compte d'amortissement une somme jugée suffisante pour amortir, jusqu'en juillet 1907, le montant du capital-actions.

Sur notre capital de	6 000 000,00 fr.
Nous avons amorti précédemment	5 960 667,15
Il reste à amortir	39 332,85 fr.
Nous vous proposons de décider d'amortir cette année-ci.	18 552,75 fr.
Et il ne restera plus que 20780,10 fr à amortir en deux ans.	
Ces prélèvements faits, nous vous proposons de décider le payement de 5 pour 100 de dividende, soit.	300 000,00
Il reste donc un solde de 400000 fr sur lequel nous proposons de porter à la réserve spéciale, ainsi que le prescrit l'article 51 des statuts, le cinquième de ce solde, soit	80 000,00
Et d'attribuer l'excédent, ainsi que le prescrit le même article :	
75 pour 100 aux actionnaires, soit 4 pour 100 de dividende supplémentaire.	240 000,00
25 pour 100 au Conseil d'administration, soit.	80 000,00
Total	718 552,75 fr.

Nous vous proposons de décider que les sommes inscrites au Compte d'amortissement font partie du fonds de roulement de la Société et pourront être employées en valeurs de portefeuille.

Conseil d'administration. — En vertu des articles 21 et 31 des Statuts, vous aurez à procéder au renouvellement du quart des membres du Conseil d'administration.

Les membres sortants sont MM. Blech, Le Roux et d'Estournelles de Constant,

Ils sont rééligibles.

Loi de 1867. — En exécution de l'article 40 de la loi du 24 juillet 1867, nous avons l'honneur de vous rendre un compte spécial de l'exécution, pendant l'exercice écoulé, des marchés ou entreprises passés par notre Société avec d'autres Sociétés dont certains de ses administrateurs font en même temps partie, conformément aux autorisations données dans les Assemblées générales précédentes.

La Société *le Triphasé* nous a fourni une partie de l'énergie électrique nécessaire à notre exploitation.

Notre Société a exécuté à prix coûtant des travaux de canalisation souterraine pour le compte de la Société *le Nord-Lumière* et a acheté à cette Société une certaine quantité de courant électrique.

Elle a exécuté à prix coûtant certains travaux de canalisation pour le compte de la Société l'Électrique de Montmorency.

Elle a acheté à la Société Alsacienne de constructions mécaniques des câbles et divers appareils électriques.

Comme tous les ans, nous vous demanderons de décider que les membres du Conseil faisant partie d'autres sociétés soient autorisés à traiter des affaires avec nous au nom de ces sociétés pendant le prochain exercice.

Commissaire des comptes. — Nous vous demanderons aussi de désigner un commissaire des comptes pour l'année 1905-1906, ainsi qu'un commissaire suppléant.

Nous ne terminerons pas notre rapport sans adresser tous nos remerciements à nos fidèles collaborateurs qui ont toujours apporté le plus grand dévouement à la prospérité de notre œuvre commune.

Résolutions votées a l'unanimité par l'Assemblée générale. — 1° L'Assemblée générale, après avoir entendu le commissaire des comptes, donne son approbation au rapport du Conseil d'administration; elle approuve le bilan et le compte de profits et pertes.

Elle décide que les bénéfices seront répartis comme suit :

Compte d'amortissement.

Contribution de l'année 1904-1905		18 552,75 fr.

Compte de dividende.

Dividende à raison de 5 pour 100. . .	300 000,00	
Dividende supplémentaire de 4 p. 100.	240 000,00	
		540 000,00

Conseil d'administration.

Part lui revenant en vertu de l'article 51 des statuts.		80 000,00

Compte de réserve spéciale.

Affectation suivant l'article 51 des statuts		80 000,00
Total		718 552,75 fr.

2° Le dividende sera payé à partir du 1er décembre 1905 aux caisses désignées pour le dépôt des titres, sous déduction des impôts de finance et sur présentation du coupon n° 14, à raison de : 41,30 fr net par coupon au porteur et 43,20 fr net par coupon nominatif.

3° L'Assemblée décide que les sommes portées au compte d'amortissement feront partie du fonds de roulement de la Société et pourront être employées en valeurs de portefeuille.

4° L'Assemblée nomme administrateurs pour une durée de quatre ans MM. Charles Blech, Henri Le Roux et Paul d'Estournelles de Constant, administrateurs sortants.

Ces messieurs acceptent.

5° L'Assemblée nomme pour l'année 1905-1906, M. Jean Scheidecker, commissaire des comptes, M. Henri Ill, commissaire suppléant, qui acceptent ces fonctions.

L'Assemblée fixe à 1500 fr la rémunération du commissaire des comptes, et à 300 fr celle du commissaire suppléant. Dans le cas où ce dernier aurait à remplir les fonctions de commissaire, il recevrait les 1500 fr ci-dessus.

6° L'Assemblée donne à ceux de ses administrateurs qui font en même temps partie d'autres Sociétés les autorisations prévues par la loi de 1867, en raison des affaires qui pourraient être traitées avec ces Sociétés.

RECETTES MENSUELLES COMPARATIVES

COURANT ÉLECTRIQUE.	1900-1901.	1901-1902.	1902-1903.	1903-1904.	1904-1905.
	fr.	fr.	fr.	fr	fr.
Juillet. . .	156 582,85	139 555,75	147 375,30	162 849,80	163 755,70
Août. . . .	148 209,25	131 325,70	138 437,30	150 880,35	145 401,00
Septembre.	207 120,95	200 880,40	208 913,30	206 261,90	233 414,60
Octobre . .	365 563,20	355 005,30	391 136,45	411 129,30	425 817,50
Novembre .	475 739,65	508 727,40	528 098,10	543 999,85	589 298,90
Décembre .	542 050,40	596 650,05	630 799,85	686 238,35	690 853,70
Janvier. . .	511 132,55	566 170,45	602 536,00	662 144,25	663 463,25
Février. . .	423 969,25	463 735,15	482 819,05	526 241,10	559 226,50
Mars. . . .	362 568,25	365 538,70	386 132,70	438 590,60	454 271,60
Avril. . . .	294 435,35	312 737,95	333 491,95	365 381,30	375 373,10
Mai	247 706,80	275 766,65	281 874,70	296 845,65	321 553,30
Juin. . . .	188 271,20	202 413,95	215 794,25	230 140,70	235 982,40
	3923 349,70	4118 507,45	4347 428,95	4680 706,15	4878 414,35
Rabais et ristournes .	80 491,15	91 740,55	100 156,55	107 297,95	106 282,15
	3842 855,55	4026 766,90	4247 572,40	4573 408,20	4772 132,20
Recettes diverses :					
Location de branchements et de compteurs, etc.	555 319,00	635 166,50	703 729,05	7[illegible]8 413,10	802 505,25
Totaux. .	4398 174,55	4661 933,40	4951 001,45	5331 821,30	5574 637,45

SITUATION AU 30 JUIN 1905 DES COMPTES DE RÉSERVE ET D'AMORTISSEMENT

Réserve :		
Réserve légale	600 000,00	
Réserve spéciale	1 020 000,00	
		1 620 000,00 fr.
Amortissement :		
Amortissement (art. 51 des statuts).		5 979 219,90
Amortissement industriel.		1 650 000,00
Dépréciation du réseau.		6 749 000,00
Dépréciation sur usine		584 324,75
		16 582 544,65 fr.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

56 397. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14ᵉ Année. — N° 335. 10 Décembre 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
É. HOSPITALIER 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

MM. les Abonnés dont l'abonnement expire fin décembre sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE 9, rue de Fleurus, à Paris, en un mandat-poste, le renouvellement de leur abonnement.

INFORMATIONS

Essais de lampes au tantale. — M. le professeur Wedding donne dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 12 novembre, les renseignements suivants relatifs aux résultats d'essais qu'il a entrepris sur des lampes à incandescence à filament de tantale.

Il a d'abord procédé à des mesures photométriques d'une lampe de 25 bougies Hefner sous 110 v, exigeant un courant de 0,3625 A, c'est-à-dire consommant 39,82 w. Par suite de la disposition bien symétrique du filament de tantale des mesures de la répartition de la lumière dans un plan horizontal sont inutiles et on s'est contenté de mesurer cette répartition dans un plan vertical de 5 en 5 degrés. L'intensité lumineuse est maximum immédiatement au-dessous du plan horizontal. Le rapport de la quantité de lumière au-dessus du plan horizontal à la quantité de lumière au-dessous est de 0,875. L'intensité moyenne sphérique est de 19,3 bougies Hefner, ce qui correspond à 2,065 w par bougie; la dépense est de 1,6 w par bougie dans la direction horizontale. Des mesures bolométriques ont montré que le rendement lumineux de la lampe est $0,866 \cdot 10^{2}$, de sorte que pas même 1 pour 100 de l'énergie dépensée est transformée en énergie lumineuse. Pour la détermination de la durée on a comparé 4 lampes à filament de tantale de 25 bougies à 4 lampes à filament de charbon de 25 et 16 bougies. Comme on le sait, l'intensité lumineuse croît au début du fonctionnement. Les lampes au tantale ont atteint leur intensité lumineuse maximum au bout de 2 h de fonctionnement et ont eu de nouveau l'intensité lumineuse du début au bout de 350 heures. L'intensité lumineuse des lampes à filament de charbon, a augmenté pendant 50 h et atteint de nouveau après 250 h de fonctionnement l'intensité lumineuse du début.

Après un fonctionnement de 800 à 900 h, les lampes à filament de charbon ont atteint leur limite de vie utile, l'intensité lumineuse ayant baissé de 20 pour 100, tandis qu'en moyenne les filaments des lampes au tantale ont brûlé après 1000 h de fonctionnement. Les extrémités libres des filaments reviennent immédiatement au contact, et la lampe continue à brûler de sorte que souvent on ne remarque même pas que le filament a brûlé. Il résulte souvent de cet accident une augmentation d'intensité lumineuse. M. Wedding conclut que l'on ne peut parler de la durée utile d'une lampe au tantale, celle-ci fonctionnant bien tant que les extrémités du filament peuvent se ressouder.

La durée totale moyenne a été de 1866 h, pendant lesquelles l'intensité lumineuse des lampes au tantale a peu varié, tandis que celle des lampes à filament de charbon a baissé de 50 pour 100 dans le même temps.

Au point de vue de l'économie réalisée par les lampes au tantale, M. Wedding dit qu'avec un prix de revient de 4,80 fr pour la lampe au tantale et de 0,60 fr pour la lampe à filament de charbon en comptant l'énergie électrique à 0,48 fr le kw-h, pour une durée de fonctionnement de 270 h, la lampe au tantale est aussi économique que la lampe ordinaire. Pour une durée plus longue la lampe au tantale est plus économique que l'autre, même quand on admet que quand le filament a brûlé une première fois, on remplace la lampe.

Si l'on veut comparer une lampe au tantale de 25 bougies à une lampe à filament de charbon de 16 bougies, on voit que le fonctionnement du premier type ne devient plus économique qu'au bout d'une durée de 1450 h, mais que pendant ce temps la lumière d'une lampe au tantale n'a pas varié, tandis que l'intensité lumineuse pour le type à filament de charbon, a baissé 2 fois de 20 pour 100.

La station centrale de l'Ontario Power C°. — L'*Electrical Review* du 15 septembre, donne la description de cette importante usine érigée depuis peu près du Niagara, et qui sera bientôt en service. Quand elle sera terminée, elle aura une puissance utile de 150 000 poncelets. L'eau est amenée à l'usine par trois conduites en acier de 6 m de diamètre, 12 mm d'épaisseur et d'une longueur de 1950 m qui sont noyées dans du ciment; le débit de l'eau est de 324 m³ à la seconde, et sa vitesse maximum est de 4,5 m à la seconde. Ces conduites aboutissent à un réservoir d'où partent 22 conduites en acier de 2,7 m de diamètre alimentant chacune une turbine horizontale Françis développant 9000 poncelets sous une chute de 57,5 m; chaque turbine actionne un alternateur triphasé, la vitesse angulaire est de 188 tours par minute, le courant a une tension de 12 000 v et 25 périodes à la seconde. Les paliers sont à graissage automatique et refroidissement à eau, et ont chacun un thermomètre enregistreur.

L'eau avant de pénétrer dans les grosses conduites, traverse des grilles, et coule le long de sortes de boucliers chauffés à la vapeur, de manière à ce que la glace entraînée fonde. Les grilles et les boucliers peuvent être mis en place ou enlevés au moyen de treuils commandés électriquement, les vannes placées à l'entrée des tuyaux sont actionnées par des électromoteurs commandés de l'usine. La station de répartition du courant est à 180 m de l'usine et à 80 m au-dessus.

Le bâtiment est divisé en trois parties, dans le premier compartiment sont installées les barres centrales, les interrupteurs des câbles qui les relient à l'usine génératrice. Le dernier compartiment contient les canalisations allant à l'extérieur, tandis que le compartiment intermédiaire est divisé en trois étages; dans l'étage inférieur sont disposés les transformateurs, trois de ces derniers constituent un groupe et correspondent à un alternateur. Chaque générateur a ses câbles particuliers, ses interrupteurs, ses barres, ses instruments, transformateurs, etc., de sorte que l'usine est constituée par 22 plus petites usines pouvant à volonté être couplées, ou non. Au-dessus de la sortie des câbles de la centrale, sont disposés les interrupteurs principaux. Dans la centrale d'un côté sont intallées les excitatrices, commandées par des turbines, et de l'autre le rhéostat de champ de chaque alternateur dont l'interrupteur est actionné par un électromoteur.

Il y a en outre, des pompes à eau et à air destinées au refroidissement des paliers et des générateurs, actionnées par des turbines spéciales.

Dans l'étage supérieur de la partie médiane du bâtiment de répartition, sont disposés en demi-cercle les 22 tableaux de commande des générateurs comportant chacun neuf instruments de mesure, de là on peut à volonté mettre en service et régler les alternateurs. Le surveillant placé au centre du demi-cercle, voit les transformateurs, les barres générales, etc., et peut les surveiller.

Le surveillant dans la salle des machines, peut également voir les appareils et il peut actionner les vannes.

Naturellement les plus grandes précautions sont prises contre les dangers d'un incendie, les transformateurs sont séparés les uns des autres par des murs de 7 m de hauteur et chacun d'eux est placé dans un réservoir cylindrique en tôle pouvant supporter une pression de 10 kg : cm².

Comparaison des prix de revient de divers modes d'éclairage. — *The Electrician* du 25 septembre publie un rapport du comité d'électricité de Croydon, un des quartiers de Londres, contenant le tableau suivant :

NATURE DES FOYERS.	NOMBRE DE FOYERS.	INTENSITÉ LUMINEUSE MOYENNE EN CANDLES.	DÉPENSE TOTALE EN FRANCS PAR FOYER ET PAR ANNÉE.	DÉPENSE TOTALE EN CENTIMES PAR BOUGIE-HEURE.	DÉPENSE TOTALE EN CENTIMES PAR BOUGIE.
Courant continu, 550 w, globe opale.	65	494	432,0	0,0232	87,00
Courant continu, 650 w, globe demi-opale. . .	80	438	432,0	0,0259	89,60
Courant alternatif, 450 w, globe demi-opale . . .	218	295	432,0	0,0389	145,90
Courant alternatif, 500 w, globe demi-opale . . .	65	270	432,0	0,0425	159,40
Courant continu, 690 w. globe opale.	2	500	432,0	0,0232	87,00
Lampe Nernst de 0,5 A. .	53	56	82,2	0,0391	146,60
Incandescence par le gaz.	»	»	70,0	0,0332	124,50
Flamme à gaz de la Société Croydon et Cie (¹).	1632	52	82,2	0,0421	157,90
Flamme à gaz de la Société South Suburban C° (²)	505	44	70,0	0,0422	138,20
Lampe à arc à flamme, 550 w.	1	1400	432,0	0,0082	30,75

(¹) Le gaz de la Croydon Cie revient à 11,83 centimes par m³.
(²) Celui de la South Suburban C° à 11,12 centimes par m³.

La circulation à Londres. — Le très intéressant rapport de la Commission du *London Trafic* a établi que la partie centrale de Londres, ou *City*, donnait chaque jour entrée à 1 200 000 personnes, et que, sur ce chiffre élevé de voyageurs, les tramways en portaient seulement 272 000.

Les parcours quotidiens dans Londres, par tramways, chemins de fer et omnibus, atteignent le chiffre de 2 430 000. Le mouvement annuel des voyageurs se répartit comme suit :

Ligne locale de chemins de fer. . .	301 000 000	de voyages.
Ligne locale de tramways	405 000 000	—
Omnibus.	458 000 000	—

Comme la population de la région visée par ces statistiques (et dénommée *Greater London*) s'élève à 6 850 000 habitants, il s'en suit que le nombre de parcours locaux par omnibus, tramways et chemins de fer, atteint le chiffre annuel de 170 parcours par tête. Ce chiffre est loin d'être un record puisque les chiffres correspondants sont :

A Paris.	200	voyages.
A Berlin	270	—
A New-York.	300	—

Moteurs à gaz de 4500 poncelets. — Des moteurs à gaz de cette puissance sont employés dans une centrale de la



California Gas and Electric C°, près de San Francisco. Cette Société, qui possède plusieurs chutes, n'a pu obtenir la concession de l'énergie électrique nécessaire aux tramways de San Francisco, qu'à la condition d'installer une station centrale de secours à proximité de la ville, et c'est dans cette station qu'elle installa des moteurs à gaz. Le gaz est produit au moyen de pétrole brut, les moteurs ressemblent à des machines à vapeur et sont constitués chacun par 4 cylindres en tandem, de sorte qu'à chaque tour du volant correspondent deux explosions. Le démarrage a lieu au moyen de l'air comprimé. Un moteur a 21 m de long, et 10,2 m de large. Le diamètre des cylindres est de 106,7 cm, et la course de 152,6 cm. Les paliers principaux ont une longueur de 137 cm et un diamètre de 76,2 cm; l'arbre a un diamètre de 96,5 cm. Le volant pèse 60 tonnes, et l'ensemble du moteur 545 tonnes.

Essais de traction électrique sur le chemin de fer de Montreux-Oberland. — Ainsi que l'annonce la *Schweizerische Elektrotechnische Zeitung*, le chemin de fer à voie étroite Montreux-Oberland, d'une longueur de 65 km, est aménagé pour la traction électrique sur 42 km. Dans cette partie se rencontre une rampe de 6,4 pour 100 ayant une longueur de 22 km, et sur cette rampe, vu son faible poids adhérent, une locomotive ne peut remorquer que 48 tonnes. Comme par suite de la provenance des trains de la portion exploitée à la vapeur, ceux-ci doivent être fortement chargés, on a dû employer la double traction. Comme les conditions de fonctionnement paraissaient peu sûres, on renonça à coupler électriquement les deux machines, de sorte que chacune d'elle est conduite par un mécanicien qui peut, en consultant un ampèremètre, se rendre compte de l'intensité du courant absorbé par l'autre locomotive. Les deux mécaniciens peuvent communiquer par sonnerie et se donner les signaux « série », « parallèle » et « halte ». Les moteurs à courant continu de 750 v, peuvent être mis en série ou en parallèle. Une des locomotives est munie du frein Hardy et d'un frein électromagnétique agissant sur les rails, du système Schiemann. En cas d'alarme, on peut produire un court-circuit mettant en action simultanément les freins, et en même temps mettant hors circuit la seconde locomotive. La Société Alioth a construit 20 voitures automotrices d'une puissance de 240 kw et de 27 tonnes. Lors des essais, un train de 86 tonnes lancé à la vitesse de 25 km : h sur une pente de 6,6 centièmes, a pu être arrêté sur une distance de 57 m, et sur une distance de 52 m, en employant le frein électromagnétique.

Une installation d'horloges électriques sans fils. — Ainsi que l'annonce l'*Elektrotechnische und Polytechnische Rundschau* du 1er octobre, le professeur Dr Reillhofer et l'horloger de la cour Morawetz, ont proposé à la municipalité de Vienne d'installer un système d'horloges électriques sans fil. A la station centrale est installée une grosse bobine de Ruhmkorff pour la production d'ondes électriques, reliée d'un côté à la terre, et de l'autre à un mât d'environ 25 m de hauteur, ainsi qu'à un pendule maintenu en mouvement par une installation électrique à courant continu. Les deux appareils, bobine et pendule, sont intercalés dans des circuits indépendants. Le second ouvre et ferme le circuit de la bobine à intervalles réguliers de une minute. La durée de contact est d'un dixième de seconde, de sorte que la dépense de courant est très minime. La bobine envoie donc toutes les minutes des ondes électriques de longueur déterminée. Ces ondes atteignent les sous-stations, projetées au nombre de 80.

Les mâts récepteurs sont placés sur les toits et ont leur extrémité reliée au moyen de fils à deux appareils. L'un de ces appareils est une sorte de relais, tandis que l'autre doit rendre l'installation insensible aux influences atmosphériques et aux autres ondes. Chaque sous-station dessert un nombre indéfini de pendules secondaires qui lui sont reliées par fil. Ces horloges secondaires sont actionnées par le courant de la distribution d'électricité de la ville.

Toutes les minutes, quand l'appareil central envoie une onde, elle est reçue par les mâts des sous-stations, les relais entrent en jeu et les horloges secondaires avancent d'une minute. Les inventeurs prétendent que la station centrale pourra desservir environ 250 horloges publiques et 4000 appartenant à des particuliers. La municipalité a décidé de faire installer quelques sous-stations à titre d'essai. Jusqu'ici on a procédé à des essais à l'Institut électrotechnique, essais qui ont parfaitement réussi.

Maladies du personnel des usines électriques. — Le docteur Milner, de Buffalo, écrit au journal de médecine *The Lancet* que, d'après les cas de maladie survenus aux usines du Niagara, la manœuvre des appareils à haute tension, ou simplement le séjour dans les locaux où sont installés des conducteurs à haute tension, entraîne des troubles digestifs sérieux, perte de l'appétit, mauvaises digestions, etc., le personnel a toujours un aspect souffreteux. M. Millner ne peut donner au juste la cause des maladies, il admet que c'est le rayonnement électrique dû aux appareils à haute tension.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Craponne-sur-Arzon (Haute-Loire). — *Éclairage.* — Craponne va être éclairé à l'électricité.

Au cours d'une réunion récente, le Conseil municipal, après lecture et discussion du cahier des charges établi par une commission, a voté à l'unanimité la concession pour trente ans, de l'éclairage électrique de la commune et des habitants.

Toutefois, le concessionnaire sera autorisé à résilier cette concession, dans le cas où il ne trouverait pas assez d'abonnés pour atteindre le nombre de 500 lampes.

Les habitants de cette commune industrielle qui, par le montant de leurs abonnements, se sont assurés le service des eaux du Rhône, de la Compagnie générale des Eaux de Lyon, n'hésiteront pas à contracter des abonnements assez importants, pour permettre au concessionnaire l'installation rapide d'une usine électrique à Craponne.

Grasse (Alpes-Maritimes). — *Traction électrique.* — Nous apprenons, de source officieuse, que le projet d'établissement d'un réseau de tramways électriques, qui desservirait cette ville, va être prochainement approuvé. On fixe le 1er janvier comme délai maximun.

La Compagnie des chemins de fer du Sud, qui est concessionnaire, s'apprête à commencer les travaux et à les mener avec diligence. On pense que le réseau sera prêt à fonctionner un an après la déclaration d'utilité publique.

Grenoble. — *Station centrale.* — La Société Grenobloise Fures et Morges pour le transport de l'énergie électrique, vient de commencer d'importants travaux, au confluent de la Bone et de la Roizonne, lieudit Pont-Haut, en vue de la construction d'une usine électrique pouvant produire 1500 kw au minimum.

Six cents ouvriers vont être occupés au cours de cette importante entreprise, soit au creusement de deux tunnels, soit au canal d'amenée des eaux, soit à la construction de l'usine.

La dépense totale est évaluée à 62 millions.

Cette construction est appelée à apporter le plus grand bien-être dans la région grenobloise.

Lyon. — *Transport d'énergie à haute tension.* — Nous avons parlé à diverses reprises du transport d'énergie entre la Plombière, commune de Saint-Marcel (en Tarentaise) et Lyon, que fait établir la Société grenobloise de force et lumière. On sait que cette énergie électrique est destinée à actionner les tramways électriques de la ville de Lyon dont les dynamos sont actuellement commandées par des machines à vapeur,

Les travaux pour ce transport ont commencé il y a quelques mois et sont poussés actuellement avec beaucoup d'activité. La salle des machines, située à proximité de l'usine « la Volta », est presque entièrement achevée et dans peu de temps son installation sera un fait accompli. La pose des poteaux se fait par tronçons, mais elle va quand même plus lentement que la Société l'avait prévu. Elle est faite sur le parcours de la Plombière à la Bâthie et elle a lieu actuellement entre Albertville et Saint-Pierre-d'Albigny. La pose des fils va commencer incessamment et, si rien n'arrive, les travaux seront complètement achevés vers la fin janvier, époque à laquelle la puissance de 4600 kw pourra être transmise et transportée à la distance de 180 kilomètres.

Ajoutons que, dans ce but, la préférence a été donnée au système à courant continu à très haute tension et système série. La tension du courant ira jusqu'à 56 960 volts lorsque les usines travailleront à pleine charge. Cette tension sera la plus élevée qui ait été atteinte jusqu'à présent en Europe.

ÉTRANGER

Hastings (Angleterre). — *Traction électrique.* — Les lignes actuellement exploitées par la *Hastings and District Tramways C°* ont une longueur de 16 km et présentent de fortes rampes et des courbes de faible rayon. Quand le réseau sera complet, il aura un développement d'environ 48 km. Nous empruntons à un article de *The Electrician* les renseignements suivants :

La station génératrice électrique est placée à Ore Valley : elle produit du courant continu à 500 v et des courants triphasés à 6600 v qui sont convertis en courant continu dans des sous-stations.

La plus grande partie de la ligne est à voie simple de 1,08 m de largeur. Les rails sont placés directement sur du béton de ciment : ils pèsent 42 kg par mètre et ont 15 m de longueur; les éclisses sont du modèle ordinaire avec six boulons; des rails-bonds en cuivre assurent l'éclissage électrique.

La ligne aérienne est à suspension élastique. Les poteaux, qui ont une hauteur de 10,5 m sont formés de trois tronçons de tubes d'acier. Le fil de travail est en cuivre dur et a 10 mm de diamètre présentant une résistance à la rupture de 35 kg par mm². Les feeders à haute tension sont constitués par des câbles triphasés isolés au papier à enveloppe de plomb et armature en fils d'acier. Les câbles à basse tension sont isolés au bitume vulcanisé.

L'usine génératrice placée à la station de Ore, sur le South Eastern Railway, possède des moyens de communication faciles pour la réception du charbon. Les wagons de charbon peuvent entrer directement dans la chaufferie, de sorte que tout convoyeur est inutile.

La chaufferie comprend trois chaudières marines Babcock et Wilcox à tubes d'eau, produisant de la vapeur à 12 kg. Chaque chaudière est munie d'un surchauffeur et peut évaporer 7000 kg d'eau par heure. La surchauffe est de 70° C. L'eau est fournie par deux pompes différentielles à vapeur débitant chacune 30 à 35 m³ d'eau par heure. La conduite de vapeur en boucle est faite avec des tubes en tôle d'acier rivée de 20 cm de diamètre.

La vapeur, après s'être détendue dans les machines à vapeur, passe dans un condenseur à surface Allen placé en sous-sol dans la salle des machines. Les pompes de ce condenseur sont actionnées par une machine compound verticale de 35 kw à laquelle la pompe de circulation est accouplée directement; les pompes à air sont entraînées par l'intermédiaire d'engrenages. Le condenseur peut traiter 10 m³ d'eau par heure : il est du type cylindrique ordinaire avec tubes et plaques en bronze. Les pompes à air sont des pompes Allen-Edwards de 30 cm de diamètre et de 25 cm de course et tournent à une vitesse de 160 tours par minute. La pompe de circulation est une pompe centrifuge dont les tuyaux d'aspiration et d'évacuation ont 27,5 cm de diamètre.

Tabor (Bohême). — *Traction électrique.* — Dans ses derniers numéros, l'*Elektrische Bahnen* donne une description du chemin de fer qui relie Tabor à Béchyne. La ligne a une longueur de 24,5 km et présente des courbes avec rayon minimum de 150 m et des rampes maxima de 35 millièmes. Les rails pèsent 21,75 kg par mètre et ont 9 m de longueur; il y a une traverse par mètre.

La tension d'exploitation est de 1400 v répartis sur deux ponts de 700 v chacun, les rails servant de conducteur neutre.

L'usine génératrice est placée à 1,2 km du point terminus; elle contient des machines à vapeur verticales compound à condensation de 540 poncelets construites par la Société anonyme Breitfeld-Danek et Cie. Ces machines entraînent par courroies deux dynamos bipolaires de traction établies chacune pour 2.700 v, 80 kw et 500 tours par minute. L'excitation shunt est prise sur 700 v. L'inducteur est en deux parties distinctes. Le courant est recueilli par trois lignes de trois balais.

Des survolteurs à excitation série, capables de produire une tension de 2.116 v, sont montés en série sur le circuit des dynamos génératrices pour élever la tension aux moments où la charge est élevée. Ces survolteurs sont commandés par courroies au moyen de poulies clavetées sur les arbres des dynamos.

Une batterie de 700 accumulateurs Tudor de 171 A-h au régime de décharge en trois heures est montée en tampon avec les dynamos de traction.

Le tableau de distribution a été établi d'une façon particulièrement soignée, à cause de la haute tension employée. Tous les arcs de rupture qui se produisent dans les interrupteurs jaillissent entre des contacts de charbon.

Le courant est amené à la ligne aérienne par des câbles de 100 mm² de section. La ligne est constituée par deux fils de cuivre dur de 9 mm de diamètre soutenus, à 5,5 m du sol par des isolateurs en porcelaine à double cloche. La distance entre ces deux fils est de 1,2 m.

L'organe de prise de courant des voitures est à rouleaux. Les automotrices sont équipées chacune avec quatre moteurs de 22 kw absorbant 40 A sous 650 v et tournant à une vitesse de 550 tours par minute. Chaque moteur est formé d'une carcasse en deux parties assemblées suivant un plan horizontal : la moitié supérieure porte les paliers qui s'appuient sur l'essieu; la partie inférieure peut être enlevée. La carcasse porte quatre pôles bobinés.

L'induit, fortement ventilé par des canaux axiaux et radiaux, porte 61 encoches dans lesquelles est placé un enroulement en tambour. Les balais en charbon sont maintenus par des porte-balais à glissières fixés à une plaque d'ambroïne de position réglable.

L'élévation de température, après une heure de marche à pleine charge, est de 35° pour l'induit, 45° pour le collecteur et 41° pour l'enroulement inducteur.

Le poids total d'un moteur, avec les engrenages, le carter et l'organe de suspension, est de 935 kg.

Le réglage des moteurs est effectué par la méthode série-parallèle. La vitesse à pleine charge est de 15 km par heure en rampe et de 30 km : h en palier.



ESSAI

D'UNE

THÉORIE DES ALLIAGES

DE M. HEUSLER

La découverte, toute fortuite, d'alliages magnétiques de manganèse, d'aluminium (ou d'étain) et de cuivre, a vivement surpris, l'an dernier, les électriciens. On savait depuis longtemps que les alliages contenant même de fortes proportions de fer, de nickel ou de cobalt peuvent être non magnétiques, mais on n'avait point encore observé le phénomène contraire. On en avait donc déduit, comme un fait à peu près certain, que le ferro-magnétisme est un phénomène propre aux trois métaux classiques du magnétisme, mais correspond, même dans ces derniers, à un groupement atomique sans lequel cette propriété, qui disparaît de la plupart de leurs combinaisons, ne peut pas exister. On admettait aussi que, si ce groupement particulier peut être aisément détruit, il ne peut pas se former dans un métal qui ne le possède pas naturellement. Après la découverte de M. Heusler, cette idée parut un moment chancelante; nous verrons cependant que les phénomènes dont il a constaté l'existence, pour imprévus qu'ils aient été, ne sont cependant pas paradoxaux, et ne renversent aucune des idées courantes sur la constitution des alliages.

Les alliages magnétiques de manganèse. — En 1892, M. Hogg présenta à l'Association britannique, réunie à Edimbourg, de curieux résultats obtenus dans l'étude d'un ferromanganèse non magnétique, à 82 pour 100 de Mn, dans lequel l'addition de 3 pour 100 d'aluminium avait fait apparaître des propriétés magnétiques. Après l'introduction de l'aluminium dans le creuset, l'alliage se liquata fortement, l'une de ses parties restant bien fluide, tandis que l'autre devenait pâteuse. Il y avait là l'indication nette de la formation d'une combinaison, qui avait probablement utilisé tout l'aluminium incorporé à l'alliage, tandis que, dans la partie restée fluide, on ne retrouvait que du fer et du manganèse, dans des proportions différentes des précédentes.

M. Hogg ne songea pas un instant à attribuer les propriétés magnétiques, réapparues sous l'action de l'aluminium, à autre chose qu'au fer, et il faut convenir que chacun en aurait fait autant à sa place.

L'expérience de M. Hogg semble n'avoir pas eu de suite; il est cependant bien certain aujourd'hui que le phénomène découvert par lui était de la même nature que ceux que trouva plus tard M. Heusler, et que je vais brièvement rappeler.

M. Heusler ayant un jour, sur son établi, à la fois un outil aimanté et un morceau d'un alliage de manganèse, d'aluminium et de cuivre, constata entre eux une attraction magnétique. Un examen détaillé d'une série d'alliages du même type lui montra bientôt que seuls, les deux premiers contribuaient à la production de ce phénomène nouveau; le cuivre était inerte au point de vue magnétique et sa présence dans l'alliage avait pour seul effet pratique de le rendre malléable; en même temps, il diluait les propriétés magnétiques du groupe aluminium-manganèse, en réduisant, à mesure que sa proportion augmentait, l'intensité du magnétisme à la température ordinaire et en abaissant la température au-dessus de laquelle le magnétisme devient insensible. Des essais faits avec diverses proportions de manganèse et d'aluminium montrèrent que la combinaison active répond à la formule MnAl.

Une deuxième série fut bientôt découverte, dans laquelle la combinaison active est constituée par un alliage de manganèse et d'étain, de la formule Mn^3Sn; enfin, on reconnut que l'arsenic, l'antimoine, le bismuth, le bore, associés au manganèse, donnent des mélanges faiblement magnétiques.

Les électriciens savent déjà que les alliages de M. Heusler ne possèdent qu'un médiocre intérêt pratique. Leur perméabilité initiale est, il est vrai, bien supérieure à celle des fontes de fer, mais elle est inférieure à celle des aciers doux. Ils présentent de l'hystérésis au moins autant que ces derniers, et sont beaucoup plus coûteux.

Il est difficile d'affirmer qu'ils n'auront pas, un jour, quelque application spéciale; mais, pour le moment, leur intérêt réside en entier dans les difficultés apparentes de leur théorie. Nous allons essayer de l'aborder.

Dissolutions et combinaisons dans les alliages. — Une ancienne doctrine nous dit que la température de fusion des alliages est toujours inférieure à celle au moins de l'un des composants. Dans la plupart des cas même, tous les alliages de deux métaux sont plus fusibles que le moins réfractaire, à l'exception des alliages très voisins de l'autre métal.

Mais les études détaillées, poursuivies en tous pays depuis quelques années, nous ont enseigné d'intéressantes particularités de la courbe de fusion des alliages binaires. En général, l'addition d'un métal à un autre abaisse la température de fusion du bain, puis, souvent, après un brusque rebroussement, la température remonte, passe par un maximum arrondi, redescend, retrouve un deuxième rebroussement, et va rejoindre, directement, ou après un ou plusieurs autres maxima, la température de fusion du deuxième métal, souvent par une courbe rapidement ascendante.

La courbe du diagramme (fig. 1), donné ici à titre d'exemple, correspond au cas de la série des alliages cuivre et antimoine.

Le tracé des courbes en proportions centésimales employées dans cette figure ne fait pas apparaître immédiatement une de leurs particularités essentielles, qui, au contraire, devient évidente dans la représentation en proportions atomiques. C'est que les maxima de la courbe

correspondent généralement à des combinaisons en proportions définies, alors que les pointes dirigées vers le bas ne sont pas autre chose que la jonction de deux branches, partant, soit de deux maxima, soit d'un maximum et d'un des métaux purs.

Ces faits étant reconnus, les phénomènes deviennent immédiatement clairs. Des deux côtés du maximum, se produit le phénomène de l'abaissement des températures

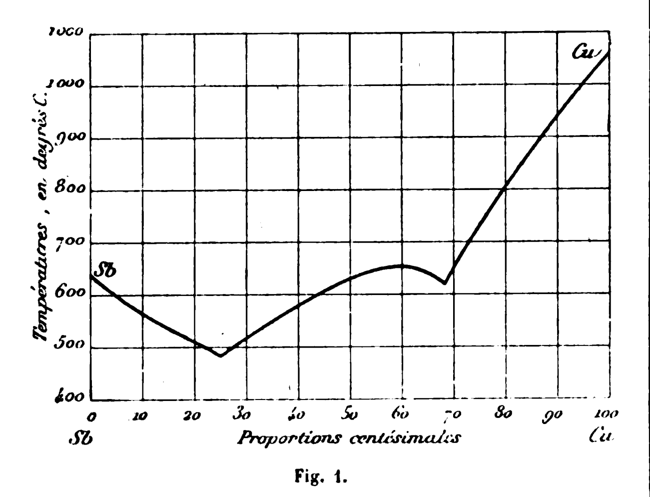


Fig. 1.

de fusion des combinaisons définies par dissolution mutuelle, phénomène qu'étudie la cryoscopie. Au voisinage des métaux purs, c'est aussi ce phénomène qui régit l'allure de la courbe.

Or, qu'est-ce que la fusion? C'est, dans nos idées actuelles, le passage d'un corps de l'état cristallisé à l'état amorphe, généralement déformable sous de faibles efforts, c'est-à-dire fluide. Le phénomène désigné sous le nom de fusion pâteuse ne rentre pas dans cette définition. La fusion pâteuse n'est autre chose que la diminution graduelle, à température ascendante, de la viscosité d'un corps amorphe; ce n'est pas une fusion vraie.

Mais, dans le cas des alliages, sauf aux maxima et aux minima de la courbe de fusion, le phénomène de la solidification ne s'opère pas d'un seul coup. Dans tous les autres points, les cristaux se séparent de la solution, avec leur composition bien définie, et modifient constamment la composition du liquide restant. Enfin, au point de rencontre de deux courbes, la solidification totale se produit, en donnant ce qu'on nomme un alliage eutectique.

Nous savons que les combinaisons peuvent posséder des propriétés bien différentes de celles des constituants. Il en est ainsi des alliages en proportions définies, qui, le plus souvent, ne rappellent, par aucune de leurs qualités, celles des métaux qui les ont formées. Ce sont des corps complètement indépendants, et non plus des solutions solides, comme le sont les mélanges dans lesquels un métal se trouve répandu en faible proportion dans la masse d'un autre métal, qui lui sert de dissolvant. Mais, à leur tour, les combinaisons définies peuvent se dissoudre les unes dans les autres ou dans les métaux purs, et c'est pour cette raison que, de chaque côté de la composition correspondant à une combinaison définie, la température de fusion s'abaisse, isolant ainsi le maximum.

La loi que l'on avait cru pouvoir donner comme tout à fait générale, pour la température de fusion des alliages, tenait à ce que, dans tous les mélanges de métaux étudiés jusqu'à ces dernières années, les remontées vers les maxima, à partir des points eutectiques, étaient moins considérables que les descentes à partir des métaux purs jusqu'aux eutectiques les plus voisins. Mais il est clair que cette loi ne peut rien avoir d'absolu. Effectivement on connaît, depuis quelques années, des alliages qui font exception à la règle d'autrefois, et dans lesquels les maxima remontent au-dessus des points de départ. Ainsi, sir W. Roberts-Austen a préparé, il y a quelques années déjà, une combinaison Al^2Au moins fusible que l'or. L'écart par rapport à la température de fusion de ce dernier est faible, 17 degrés seulement; rapporté à ce que donnerait la loi des mélanges, il est remonté de 40 degrés environ. Mais il est d'autres exceptions qui se présentent avec une beaucoup plus grande intensité. La figure 2 montre, par exemple, d'après M. Henri Gautier [1],

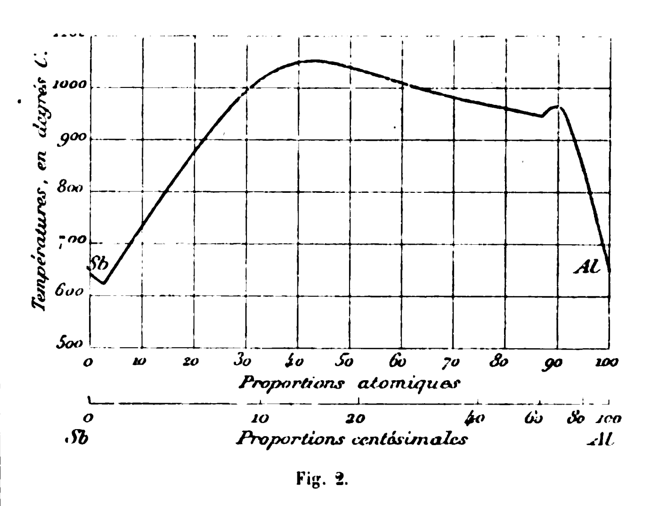


Fig. 2.

la courbe de fusibilité des alliages aluminium-antimoine, dans lesquels le maximum, correspondant à la combinaison AlSb, déjà isolée en 1892 par M. Wright, possède une température de fusion supérieure de 400 degrés à celle du moins fusible des constituants.

Donnons (fig. 3) une dernière courbe de fusibilité, celle des alliages étain-sodium. On voit que, une très faible descente au voisinage de l'étain mise à part, la presque totalité de la courbe est située au-dessus du point de fusion de ce métal, et que son maximum, correspondant à la combinaison NaSn, fond à 344 degrés plus haut que l'étain, et à 411 degrés au-dessus de la température atomique moyenne des constituants.

Les trois séries d'alliages : Au et Al, Sb et Al, Na et Sn, sont les seules qui, d'après nos connaissances actuelles, fassent exception à la règle ancienne des températures de

(1) Recherches sur la fusibilité des alliages métalliques, *in* C... tribution à l'étude des alliages (publication de la *Société d'Enc... gement*).

fusion. Notons que l'aluminium est présent dans deux de ces séries et l'étain dans la troisième. Or, on n'a pas oublié que les deux principales séries d'alliages magnétiques de M. Heusler contiennent l'une de l'aluminium,

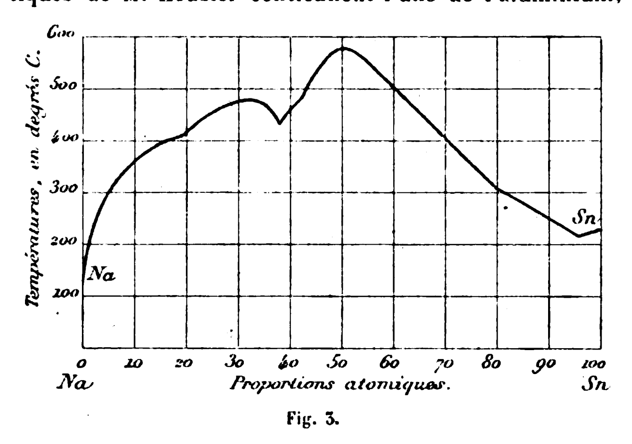


Fig. 3.

l'autre de l'étain, ce qui d'ordinaire donne une série secondaire. Je reviendrai dans un instant sur cette coïncidence.

Les transformations magnétiques. — Le fer, le nickel et le cobalt perdent leurs propriétés magnétiques à certaines températures, caractéristiques de transformations particulières. Pour le fer, la forte chute apparente des propriétés magnétiques se produit vers 775 degrés, elle n'est pas brusque, mais, au contraire, semble n'être que l'accélération de l'abaissement de la perméabilité qui se produit lorsque la température s'élève, déjà à partir des températures les plus basses. D'ailleurs, après cette transformation, le fer est encore ferromagnétique, mais très faiblement. Ce n'est que vers 890 degrés qu'il devient, brusquement cette fois, faiblement magnétique dans le sens que M. P. Curie a donné à ce terme. En même temps, le fer subit des modifications profondes. Son état cristallin change, il passe de la forme cubique à la forme octaédrique (Osmond et Cartaud), il éprouve une brusque contraction [1] (Le Châtelier, Charpy et Grenet); ses paramètres élastiques ou électriques éprouvent de brusques variations. Bref, des deux côtés de la transformation qui le fait passer de l'état β à l'état γ, suivant la désignation de M. Osmond, le fer est un métal différent.

Pour le nickel, qui se transforme vers 340 degrés, les changements sont moins complets, quoique considérables.

Quant aux modifications qui accompagnent la perte du magnétisme dans le cobalt, elles sont encore mal connues.

Dans les idées actuelles, le passage d'un état cristallin à un autre est tout aussi profond que le passage de l'état cristallin à l'état amorphe, c'est-à-dire la fusion. Et, si l'état magnétique est lié à une forme cristalline déterminée, on pourra raisonnablement penser que l'allure des courbes de perte du magnétisme dans les alliages rappellera celle des courbes de fusion.

[1] Ce phénomène est la cause de celui que Gore a observé, et qui est lié à la recalescence, mais il ne lui est pas identique; dans la recalescence, le carbone joue un rôle essentiel.

Il en est réellement ainsi dans la plupart des cas étudiés. Que l'on ajoute du cuivre, du manganèse, du chrome, au fer ou au nickel, on voit leur température de perte du magnétisme s'abaisser graduellement, et atteindre, dans bien des cas, les températures ordinaires ou passer au-dessous. C'est ainsi que les maillechorts et les bronzes blancs sont non magnétiques, ainsi que les ferromanganèses, les ferrosiliciums à forte proportion du deuxième constituant, et même certains ferronickels, surtout carburés.

Comme pour les températures de fusion, l'abaissement est la règle générale. Mais on lui connaît quelques exceptions, l'addition du fer au nickel ou du cobalt au fer commence par élever la température de perte du magnétisme. Dans les deux cas, ce relèvement est produit par l'action d'un métal à température de transformation plus élevée, mais il n'est pas dit qu'il en doive toujours être ainsi, puisqu'on trouve, pour les fusions, des exceptions analogues.

Le magnétisme du manganèse. — Les trois métaux magnétiques font partie du même groupe chimique, qui renferme en outre le manganèse et le chrome. Le fer, le nickel et le cobalt possèdent des températures de transformation très différentes, et il est élémentaire de penser que leurs deux compagnons ne sont pas considérés comme magnétiques simplement parce que leur température de transformation est située très bas. A cette présomption, qu'il serait, assurément, difficile de fonder logiquement, s'en ajoute une autre plus sérieuse : les propriétés magnétiques des sels du manganèse ou du chrome sont très analogues, comme intensité, à celles des combinaisons chimiques du fer. Ces remarques ne sont pas nouvelles; elles avaient déjà frappé Faraday, qui avait émis l'idée de la nature réellement magnétique du manganèse ou du chrome.

Aux températures ordinaires, le manganèse est certainement peu magnétique. Cependant, il montre un peu de ferromagnétisme, constaté par divers observateurs.

Conclusions. — En adoptant l'idée de Faraday, on pourra espérer mettre en évidence les propriétés magnétiques du manganèse si l'on réussit à élever sa température de transformation; or, en examinant cette idée, on ne peut manquer d'être frappé de la coïncidence précédemment signalée, et qui nous montre, comme faisant apparaître les propriétés magnétiques du manganèse, les deux métaux qui, associés à d'autres, ont relevé leur point de fusion.

La généralisation est facile, sans qu'on puisse encore en donner la raison, il semble que l'aluminium et l'étain possèdent la propriété de relever, dans certains cas, la température de transformation des métaux auxquels ils sont combinés, que ces transformations soient caractérisées par le passage de l'état cristallin à l'état amorphe, qui est la fusion; ou à un autre état cristallin, qui est accompagné de la transformation magnétique.

Lorsque, il y a un an, je publiai, dans la *Revue générale des Sciences*, une courte note sur cette question, l'aluminium était seul connu pour avoir relevé des points de fusion, j'indiquais alors comme possible une découverte analogue pour l'étain. Et c'est tout récemment que M. C.-H. Mathewson a trouvé, sous la direction de M. Tammann, qu'il en est réellement ainsi pour les combinaisons du sodium avec l'étain.

On objectera peut-être, à la théorie qui précède, qu'elle est fondée sur une simple coïncidence, et, pour ainsi dire, sur un sentiment en quelque sorte instinctif. Je ne me le dissimule pas; mais il faut toujours commencer par une ébauche, si informe soit-elle, d'une explication d'un phénomène inattendu, quitte à perfectionner dans la suite. On découvrira probablement un jour des alliages magnétiques du chrome. Il se peut aussi qu'on montre bientôt, que l'aluminium ou l'étain avec les autres métaux ou métalloïdes qui font apparaître les propriétés magnétiques du manganèse, possèdent en eux-mêmes tout ce qu'il faut pour entrer dans des combinaisons dont la température de transformation soit supérieure à celle des constituants. Je n'ai pas prétendu, dans ce qui précède, donner nne théorie aussi complète.

Ch.-Éd. Guillaume.

MOTEURS ASYNCHRONES POLYPHASÉS

SYSTÈME BOUCHEROT

ADAPTATION A LA COMMANDE DES APPAREILS CENTRIFUGES A GRANDE VITESSE

Les applications répétées des moteurs système Boucherot ont contribué à en répandre le principe.

On sait que, dans ces moteurs (voy. schéma fig. 1), le rotor est une simple cage d'écureuil C commune à deux armatures b_1b_2 dont les barres, dans leur partie médiane, sont munies de résistances r choisies suivant la valeur qu'on désire obtenir pour le couple de démarrage.

Aux deux armatures élémentaires du rotor correspondent deux stators a_1a_2 dont les courants de l'un peuvent être déphasés par rapport à ceux de l'autre. Au démarrage les champs tournants des deux stators agissent en opposition sur les armatures du rotor; les f. é. m. en opposition engendrées dans les barres de la cage d'écureuil déterminent des courants qui circulent dans les résistances qui sont alors actives et règlent par ainsi la valeur du couple initial.

En faisant varier progressivement le décalage des deux stators jusqu'à ce que les champs tournants se retrouvent en phase, l'action des résistances diminue corrélativement pour devenir finalement nulle quand les deux stators agissent en phase.

Le moteur est alors en l'état de fonctionnement normal; les résistances ne font plus que contribuer à l'émission de la chaleur dépensée dans le rotor en facilitant ainsi le refroidissement.

Le déphasage peut être obtenu soit en opérant un déplacement mécanique angulaire et relatif des deux stators, soit en procédant à des combinaisons sur les enroulements à l'aide de commutateurs d'une construc-

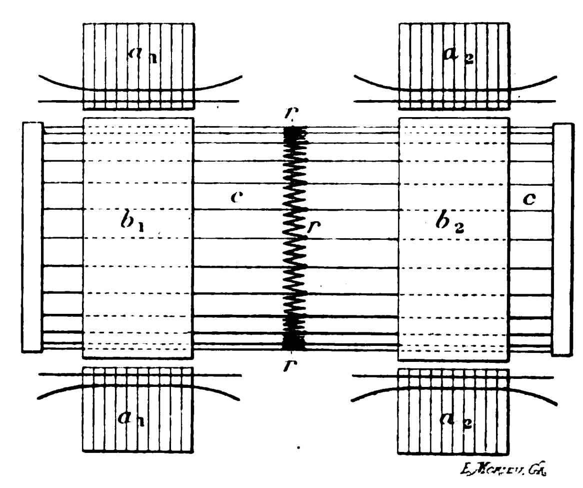


Fig. 1. — Schéma général du moteur Boucherot.

tion simple et qui produisent des déphasages successifs déterminés.

Les moteurs du premier genre désignés sous la rubrique « type α » ont été tout d'abord les plus répandus, mais ceux du second genre dits « type β » ont trouvé, depuis quelque temps, en raison de leurs dispositions particulières, des applications réellement intéressantes.

En effet, tandis que les moteurs type α exigent, pour leur manœuvre mécanique, un accès facile, les moteurs β peuvent être commandés à distance puisqu'il suffit, pour les mettre en marche, d'agir sur des commutateurs qui n'ont nul besoin d'être disposés au voisinage même du moteur.

De plus si l'on considère que l'agencement mécanique des moteurs β se trouve simplifié puisque les deux stators y sont fixes, on conçoit que ces moteurs, avec leurs rotors en cage d'écureuil, se prêtent tout spécialement à l'établissement de moteurs à *grande vitesse angulaire* et de toutes puissances comme l'emploi s'en présente notamment pour la commande des appareils centrifuges.

Les moteurs électriques offrent pour l'entraînement de ces engins des avantages qui ne sont plus contestés.

Il suffit, pour s'en rendre compte, au besoin, de passer rapidement en revue les divers systèmes jusqu'ici employés :

Avec la commande par courroies ou par engrenages, l'agencement est coûteux, encombrant et parfois même difficile à réaliser; elle entraîne toujours l'entretien d'organes indépendants du moteur et de l'engin à entraîner eux-mêmes.

Avec la commande directe par moteur mécanique à vapeur ou à air comprimé, c'est le rendement qui tou-

jours est défectueux sans oublier encore que les vitesses convenables pour les moteurs ne sont pas toujours très adéquates au rendement optimum des centrifuges.

Lorsqu'il s'agit d'alimentation des générateurs à vapeur, on fait souvent usage d'injecteurs dont la simplicité rend parfois de grands services, mais dont le fonctionnement est aussi très souvent capricieux, si bien que l'on se résigne fréquemment à recourir aux simples pompes alimentaires ou « petits chevaux » malgré leur rendement déplorable.

Revenant aux appareils centrifuges après cette digression, on peut dire que le moteur électrique est, par excellence, l'outil approprié à la conduite de ces appareils, non seulement en raison de l'encombrement réduit qu'il permet de donner aux groupes, mais aussi à cause de la valeur élevée du rendement et de l'entretien presque nul auxquels il donne lieu.

Tant que les vitesses angulaires ne dépassent pas les valeurs moyennes de 1000 à 1500 t:m, pour des puissances atteignant même 100 à 200 chevaux (75 à 150 poncelets), les difficultés que présente la construction ne sortent pas de la normale; on peut employer les moteurs à rotors bobinés avec résistances introduites durant le démarrage ou les moteurs à cage d'écureuil simple suivant la puissance demandée et les conditions du service.

Cependant, dans ces dernières années surtout, les perfectionnements apportés par les constructeurs ont ouvert un nouveau champ d'applications aux centrifuges, soit comme pompes, soit comme ventilateurs à haute pression. Les rendements très élevés qu'on atteint ainsi avec les types de pompes multicellulaires, par exemple, exigent, d'un autre côté, des vitesses angulaires de l'ordre de grandeur auquel ont commencé à nous habituer les turbines à vapeur les plus récentes. C'est ainsi qu'on voit des pompes nécessitant 200 et même 300 chevaux (150 à 225 poncelets) étudiées pour des vitesses angulaires de 3000 t:m.

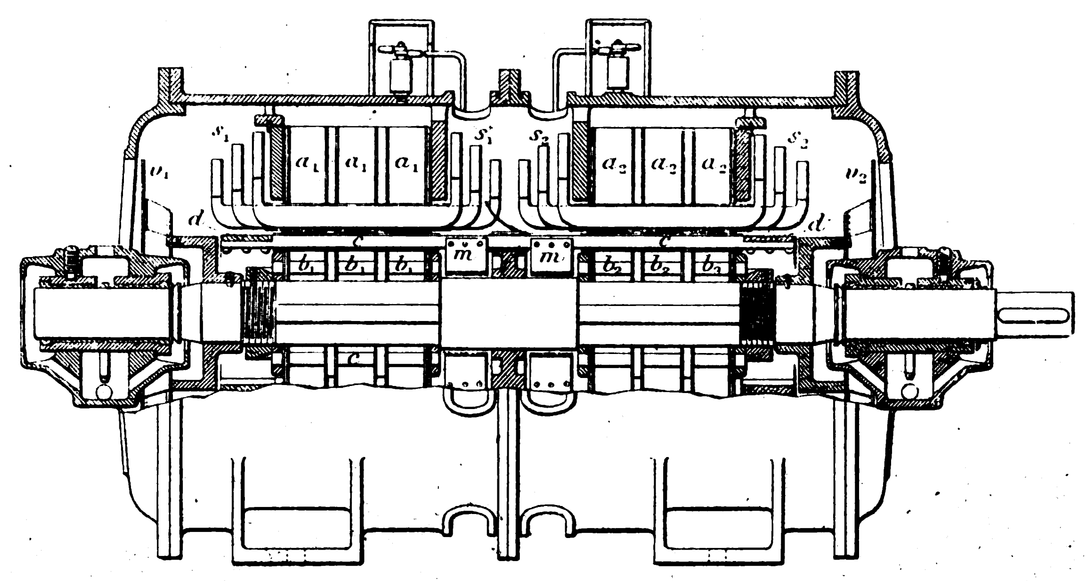


Fig. 2. — Moteur Boucherot, type 3. Coupe longitudinale.

Il a donc fallu que le moteur asynchrone suive la pompe dans cette voie des grandes vitesses. Sans dire qu'on ne puisse y arriver avec des moteurs à rotors bobinés, avec bagues et frotteurs, il est permis de revendiquer comme un avantage immédiat et important l'absence de ces mêmes organes.

Il est également hors de doute que le rotor à cage d'écureuil est mieux approprié à ces grandes vitesses que tout autre. En effet, la construction en est éminemment et rigoureusement symétrique; l'équilibrage parfait, qui constitue un facteur si important pour la bonne marche des appareils à grande vitesse angulaire, est ici beaucoup plus facile à obtenir.

La constitution même de la cage d'écureuil se prête aussi plus que toute autre à la réalisation de solides résistant à l'action de la force centrifuge et, en même temps, plus faciles à assujettir.

Les dimensions restreintes imposées en quelque sorte par la grande vitesse angulaire et le faible nombre de pôles ont aussi pour conséquence une réduction des surfaces puissanciques d'émission de la chaleur dissipée dans les enroulements et le fer; la répartition des surfaces refroidissantes et la ventilation demandent donc aussi dans ces moteurs des soins particuliers.

De ce que nous avons déjà dit du moteur Boucherot on peut inférer qu'il remplit les conditions nécessaires pour obvier aux inconvénients qui viennent d'être effleurés et que sa disposition est justement propre à lui assurer des avantages spéciaux.

En effet l'absence de frotteurs et de bagues supprime une sujétion classique; même lorsqu'on s'en affranchit après le démarrage, c'est au prix de dispositifs de relevage toujours assez complexes, surtout lorsqu'il s'agit de grandes vitesses; l'emploi d'une cage d'écureuil facilite la précision et la robustesse de la construction.

L'action des résistances de la cage insérées entre les

barres successives donne enfin au moteur Boucherot les propriétés des moteurs à résistance dans l'induit.

Après le démarrage, les résistances étant inertes au point de vue électrique font office de surfaces refroidissantes complémentaires et, judicieusement conformées en ailettes, contribuent à assurer une ventilation forcée.

Enfin la division du stator, comme du rotor, en deux éléments augmente les surfaces refroidissantes directes et introduit, par le fait, au milieu du moteur une vaste cheminée d'appel.

Un assez grand nombre d'applications de moteurs de ce genre ont été réalisées depuis quelque temps par la *Maison Breguet* qui a créé spécialement dans ce but une série de moteurs asynchrones bipolaires à 50 périodes : s, soit 3000 t : m au synchronisme.

La figure 2 donne en coupe la disposition générale d'un moteur dont on voit les stators en a_1, a_2 et les rotors correspondants en b_1, b_2. Chacun des stators est divisé en trois galettes séparées par deux cheminées de ventilation. Les barres c du rotor sont munies à leurs extrémités de frettes en bronze d rivées et soudées et reçoivent dans leur partie médiane les résistances m en

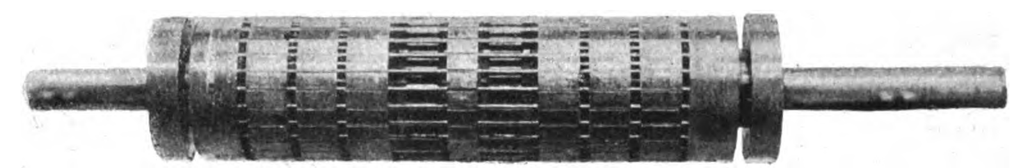


Fig. 3. — Rotor d'un moteur Boucherot à grande vitesse angulaire.

maillechort, ayant le profil d'un V et réparties en deux éléments à gauche et à droite d'une étoile en acier f qui retient les barres en leur milieu contre l'action de la force centrifuge.

Les bobinages s_1, s_2 des deux stators n'offrent aucune particularité.

A chacune des extrémités du rotor est rapportée une couronne v_1, v_2 munie d'ailettes ventilatrices qui refoulent

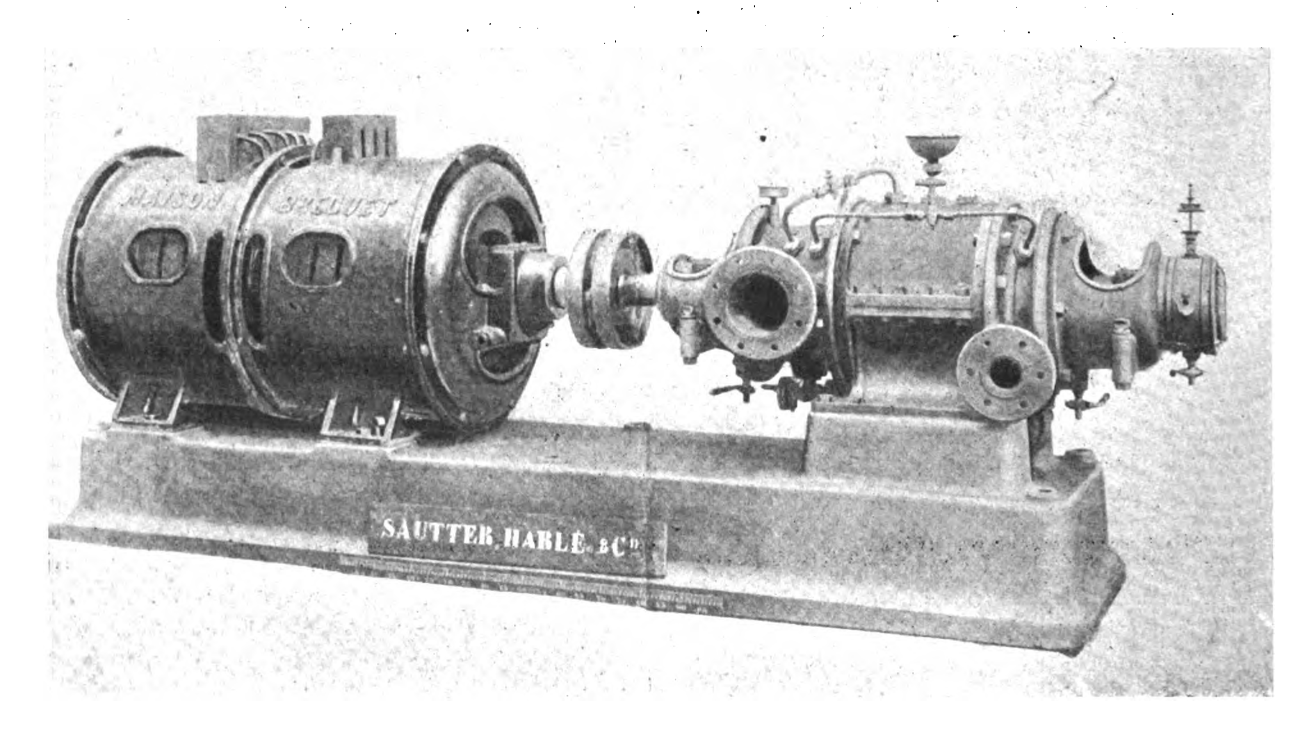


Fig. 4. — Groupe pompe-moteur électrique. — Pompe-rateau de la Société Sautter, Harlé et Cie. — Moteur Boucherot de la maison Breguet.

l'air à l'intérieur du moteur et assurent ainsi un refroidissement suffisant; la figure 3 indique la disposition du rotor sur le banc de vérification de l'équilibrage.

La figure 4 montre une vue d'ensemble d'un groupe pompe-moteur électrique dont le moteur construit par la maison Breguet est accouplé à une pompe Rateau construite par la maison Sautter Harlé et Cie pour une mine.

Les données principales du moteur auxquelles la figure 2 se rapporte également sont les suivantes :

Régime :	
Puissance normale, en poncelets	97,5
Tension d'alimentation polygonale, en v	1000
Intensité par phase, en A	70
Fréquence, en périodes par seconde	46,5
Nombre de pôles	2
Vitesse angulaire au synchronisme, en tours par minute	2790
Vitesse angulaire en charge, en tours par minute	2750
Rendement en charge	0,90
Facteur de puissance en charge	cos. $\varphi = 0,90$
Construction :	
Stator :	
Diamètre extérieur des tôles du stator, en cm.	50
— intérieur — —	25,3
Largeur totale du fer pour chaque stator y compris les cloisons de ventilation, en cm.	25
Nombre et dimensions des cloisons de ventilation, en cm	2 de 1,5
Nombre d'encoches	24
Dimensions des encoches, en cm	4.2 × 1,8
Nombre de fils par trou	22
Couplage des enroulements des 2 stators	étoile quantité.
Rotor :	
Diamètre extérieur, en cm	24,9
Nombre et dimensions des encoches, en cm.	26 de 1,35 × 2,4
Dimensions des barres de cuivre, en cm	2,2 × 1,15
Dimensions des frettes terminales de la cage d'écureuil (bronze), en cm	8 × 1
Nombre des résistances	2 rangées de 26
Dimensions des résistances :	
Section, en cm^2	5,2 × 2,5
Longueur développée, en cm	11,10
Nature des résistances	acier au nickel.
Rendement en charge	0,9
Facteur de puissance en charge	0,9

Les diverses combinaisons réalisées entre les enroulements des deux stators durant la période de démarrage sont obtenues au moyen d'un commutateur qui réalise les couplages successifs indiqués figure 5.

Au moment du démarrage (1er temps) les deux stators sont couplés chacun en étoile mais agissent en opposition. Le courant entre dans le stator fixe par les sommets 1, 2, 3 et dans le stator déphasable par 4', 5', 6', les sommets 4, 5, 6 étant réunis pour former le point neutre de ce stator.

Au second temps l'un des stators seul est actif; l'autre est fermé en court-circuit; en cet état les résistances placées entre les barres de la cage d'écureuil sont moins actives qu'au premier temps.

Enfin au 3e temps les deux stators, couplés en quantité, agissent en phase, les courants y circulant de façon identique.

On passe d'un temps à l'autre en observant les indications d'un ampèremètre; le démarrage s'opère sans à-coups brusques. Les résistances ont été réglées pour avoir sous 950 volts, au premier instant du démarrage, un couple initial égal à 0,5 du couple normal en charge avec un courant absorbé d'environ 30 ampères.

La pompe représentée sur la figure 3 avec le moteur qui vient d'être décrit est une pompe centrifuge multicellulaire, système Rateau, construite pour le service d'épuisement d'un puits de mine dans le Gard en remplacement d'une pompe à piston.

Cette machine a été établie pour réaliser les conditions suivantes :

Débit en m^3 par heure	115
Hauteur totale d'élévation, en m.	200

Le rendement total garanti du groupe pompe et moteur était de 61,5 pour 100; les essais effectués sur place à deux reprises avec mesurage du débit dans de grands bassins ont montré que le rendement était de 65 pour 100.

La pompe est complètement en bronze à cause de l'acidité des eaux de la mine. Elle comporte cinq roues

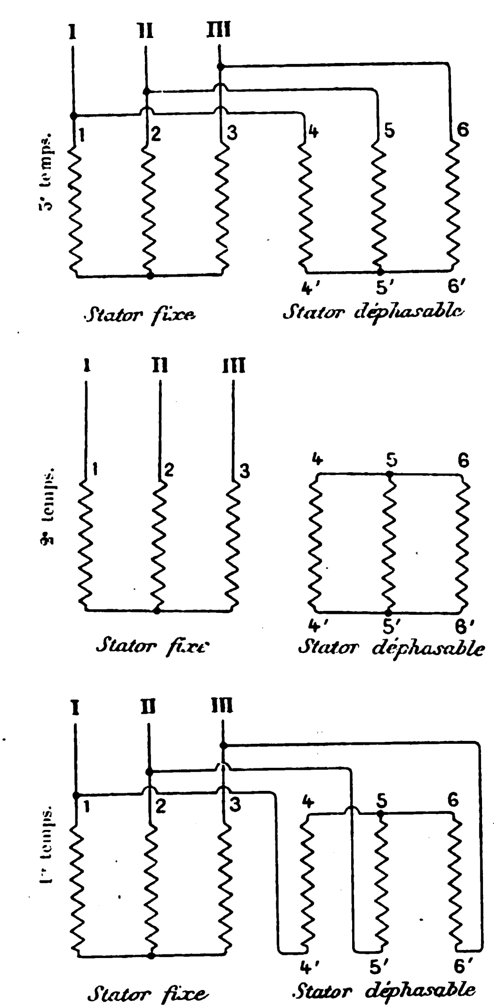


Fig. 5. — Schéma des couplages.

mobiles montées en tension sur l'arbre entre deux paliers à bagues.

L'équilibrage de la poussée longitudinale est réalisé par la construction même de la pompe. Le palier de butée à billes, logé sur la droite de la figure ne sert qu'à maintenir les disques mobiles dans la position qu'ils doivent occuper par rapport aux diffuseurs fixes.

A côté des applications très nombreuses de ces moteurs à la commande de pompes de mines et d'alimentation, la Maison Breguet a appliqué également avec succès le même type d'appareils à l'entraînement de ventilateurs spéciaux à haute pression.

La figure 6 présente une vue d'ensemble d'un moteur type β de 86 chevaux (64,5 poncelets) alimenté par des courants triphasés à 50 périodes:s sous 330 volts en absorbant 135 ampères. Ce moteur est accouplé directe-

ment à un ventilateur dont on voit seulement la roue à aubes sur la droite de la figure.

Ce groupe est installé dans une sucrerie du Nord et fonctionne sans aucun arrêt durant toute la campagne sucrière. Il a pour objet d'aspirer directement les gaz d'un four à chaux et de les refouler aux appareils de la sucrerie.

Les gaz en question ont une densité de 1°,5 à 0° sous une pression de 760 mm de mercure. Ils sont aspirés à la température de 40°, avec une dépression correspondante à une colonne d'eau de 40 cm, et sont refoulés sous une pression de 60 cm d'eau au-dessus de la pression atmosphérique.

Le rendement du moteur est égal à 0,90 et son facteur de puissance. à 0,91. Le rendement du ventilateur atteint 0,60.

L'appareil de manœuvre agit suivant un principe analogue à celui exposé précédemment. En raison de la faible tension employée, la construction en est très simplifiée. En fait, il est réalisé par la combinaison d'un interrupteur tripolaire ordinaire et d'un inverseur, appareils courants dont la descriptiqn serait superflue ici.

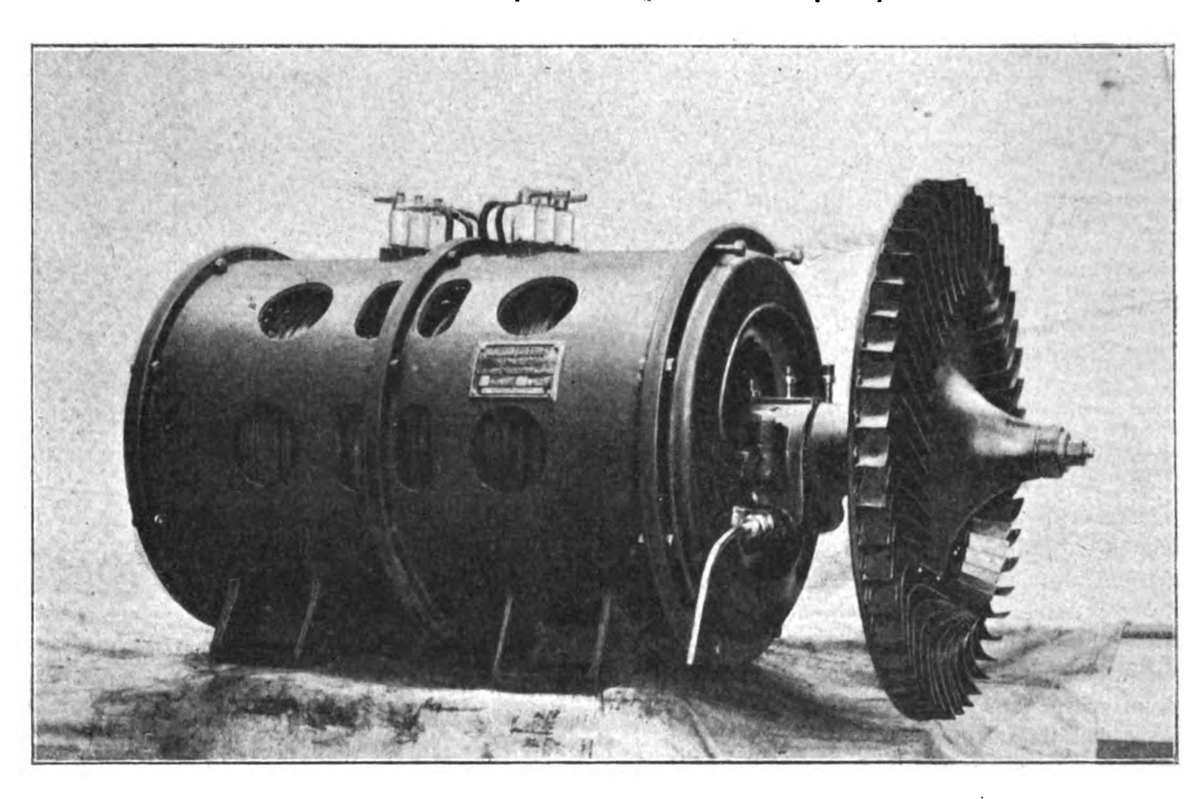


Fig. 6. — Moteur Boucherot, type 3, pour accouplement direct à un ventilateur.

On peut se rendre compte par ce qui précède de la simplicité de construction de ce genre de moteurs et de la non moins grande simplicité des appareils et opérations de démarrage.

La robustesse et la constitution pour ainsi dire purement mécanique des organes mobiles en font des engins on ne peut mieux appropriés à la réalisation de très grandes vitesses angulaires avec des puissances quelconques, problème qui n'a pu jusqu'ici être résolu par d'autres moyens qu'avec des complications ou sujétions assez onéreuses.

En dehors de ces moteurs spéciaux à deux pôles il va sans dire qu'on réalise couramment, sur le même principe, des moteurs à nombre de pôles quelconque; les applications en sont nombreuses, mais il nous a semblé particulièrement intéressant de signaler seulement aujourd'hui les moteurs dont la construction offre un caractère un peu spécial. E.-J. Brunswick.

LE RÉGIME FUTUR DE L'ÉLECTRICITÉ A PARIS

Depuis le Rapport de la Commission technique *du régime futur de l'électricité à Paris* (¹), *nous n'avons rien publié relativement à cette importante question qui n'a fait, hélas! aucun progrès sensible en dehors du domaine administratif.*

Considérant sans doute comme insuffisants les renseignements fournis par la Commission, le Conseil municipal a confié à trois de ses membres, MM. Chautard, Dausset et Félix Rousselle, le soin de visiter certaines grandes

(¹) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 février 1905, n° 316. p. 77.

villes de l'étranger et de rapporter au Conseil le résultat de ses observations. Le rapport rédigé par M. Félix Rousselle n'a pas encore été communiqué.

D'autre part, M. le Préfet de la Seine a introduit au Conseil municipal deux mémoires : Le premier en date du 5 avril 1905 demandant au Conseil de statuer sur les conditions techniques du régime futur de l'électricité conformément aux conclusions de la Commission spéciale constituée au mois d'août 1904 (Rapport du 11 février 1905); le second en date du 8 novembre 1905 relatif aux moyens propres à assurer la transition du régime actuel au régime définitif.

Nous publions ci-dessous ce second mémoire, en regrettant que la place nous fasse défaut pour y adjoindre in-extenso les annexes qui l'accompagnent, c'est-à-dire :

1° Le Rapport de l'ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage dans lequel sont analysées et discutées les propositions faites au Préfet de la Seine, soit par les Secteurs, soit par des Sociétés indépendantes, existantes ou à créer, en vue, soit d'assurer le régime transitoire sans engager la période définitive, soit d'assurer la période transitoire en engageant la période définitive, c'est-à-dire le régime futur.

2° Les propositions faites par les Secteurs ou les Sociétés indépendantes,

Nous ne pouvons reproduire ici que la comparaison des projets présentés et la conclusion générale du Rapport de M. P. Lauriol, vu, adopté et présenté par M. L. Boreux, inspecteur général du Service technique de la Voie publique et de l'Éclairage, en faisant suivre ces documents des réflexions qu'ils nous inspirent.

MÉMOIRE DE M. LE PRÉFET DE LA SEINE

MESSIEURS,

Par mon mémoire du 5 avril dernier, je vous ai demandé de statuer sur les conditions techniques du régime futur de l'électricité, conformément aux conclusions de la Commission spéciale constituée au mois d'août 1904. Je vous annonçais alors la mise à l'étude et la présentation ultérieure de propositions comprenant les conditions administratives et financières de l'organisation définitive et les mesures à prendre pendant la période transitoire.

Ma première préoccupation a été d'essayer d'assurer la transition du régime actuel au régime définitif. Vous connaissez, en effet, la situation complexe que créent, tout à la fois la non-concordance des dates d'expiration des contrats passés avec les Secteurs et les différences existant aujourd'hui d'un secteur à l'autre au point de vue des prix de vente, des conditions techniques de livraison du courant, etc., la Ville n'ayant, à l'expiration des concessions, que la propriété des canalisations. Il semble qu'un grand pas sera fait si, en unifiant progressivement ces modalités différentes, on pouvait arriver, même au prix d'une courte prorogation des permissions, compensée d'ailleurs par un abaissement immédiat des tarifs, à laisser à la Ville, à une époque déterminée, toute liberté d'action.

J'ai donc demandé aux Secteurs de m'adresser des propositions à cet égard, réserve faite du régime définitif futur.

Trois secteurs seulement, sur six, ont répondu. Ce sont les Secteurs d'Éclairage et Force, de la Place Clichy, et la Compagnie Parisienne de l'Air Comprimé. Je vous soumets leurs propositions. Réduites à leurs termes essentiels, elles comportent une prolongation de quatre ans et un abaissement de tarif de 2 centimes par hectowatt-heure. Le Secteur d'Éclairage et Force vendrait à la Ville un ensemble de terrains d'une superficie de 29000 mètres carrés, sis à Saint-Ouen, sur lesquels serait édifiée l'une des usines futures prévues par la Commission spéciale.

Au point de vue technique, il résulte de l'étude faite par M. l'Ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage, à laquelle je vous prie de vous reporter, que ces propositions assureraient le régime transitoire et que, dans la région desservie par ces trois secteurs, le régime définitif pourrait fonctionner dès 1911 avec une usine centrale et des réseaux équipés en vue de types de distribution non uniformes, mais de même valeur. La Ville aurait à payer approximativement, 18 millions et demi, cette somme comprenant seulement l'acquisition des terrains de l'Usine, sans les frais de construction.

Mais les trois secteurs en question ne comprennent guère que la moitié de Paris, et le défaut d'accord avec les trois autres (Édison, Champs-Élysées, Rive Gauche), qui n'ont pas adressé de propositions relatives au régime transitoire, crée les difficultés les plus sérieuses.

Les permissions des secteurs des Champs-Élysées et de la Rive Gauche expirant dans le deuxième semestre de 1908, il ne serait pas impossible que l'usine centrale fût construite pour cette époque. Néanmoins le régime définitif ne pourrait être réalisé qu'au prix d'installations et d'acquisitions dont le rapport du Service technique indique la nature et le caractère délicat.

Mais pour le Secteur Édison, on se heurte à une véritable impossibilité, car sa concession expire en avril 1907. Le rachat lui-même, tel qu'il est prévu par l'article 21 du cahier des charges, conduirait à des résultats onéreux et risquerait d'être entravé par des difficultés contentieuses. Le temps, enfin, ferait défaut à la Ville pour se procurer les ressources nécessaires.

C'est dans ces conditions que j'ai été amené à faire état de propositions, au nombre de quatre, qui me sont parvenues, et qui, en assurant la période transitoire, engagent dans des conditions diverses, le régime futur.

Ces propositions ont été formulées par :

La Compagnie Continentale Édison,

Le Secteur électrique de la Rive Gauche,

L'Est-Lumière,

MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie.

Je vous en présente ci-après l'analyse. Vous en trouverez le commentaire dans le rapport très complet et très clair de M. l'ingénieur en chef Lauriol, et le texte, dans les annexes de ce rapport.

Projet de la Compagnie Continentale Édison. — Une Société, constituée sous forme de régie intéressée, serait chargée pendant 35 ans de distribuer l'énergie électrique sur la rive droite. Pour assurer le régime transitoire, la Ville, usant du droit inscrit à l'article 21 du cahier des charges en vigueur, rachèterait aux cinq compagnies installées sur la rive droite leurs terrains, bâtiments, machines, etc. La Compagnie prendrait à sa charge la dépense en résultant, qu'elle amortirait pendant la durée du bail. Celui-ci expirerait le 30 juin 1942. La Ville pourrait résilier par anticipation à partir du 31 décembre 1922.

Les tarifs maxima seraient 0,60 fr le kilowatt-heure pour l'éclairage privé; 0,25 fr pour l'éclairage public et la force motrice. Les bénéfices nets de l'exploitation seraient partagés par moitié entre la Ville et la Compagnie.

Toutes les nouvelles installations seraient faites sur projets

approuvés par la Ville, qui deviendraient gratuitement propriétaire en fin de concession.

Le personnel serait soumis au même régime que le personnel municipal similaire.

Projet de la Compagnie du Secteur Électrique de la Rive Gauche. — Un régime provisoire serait institué du 1er janvier 1906 au 21 décembre 1910 dans les conditions actuelles quelque peu modifiées et avec un abaissement de tarif de 0,15 fr à 0,10 fr.

Au 1er janvier 1911, les conditions nouvelles dont suit l'énumération entreraient en vigueur :

Durée de la concession, 35 ans à partir du 31 décembre 1910.

Faculté de rachat à partir du 1er janvier 1921.

La Compagnie fait toutes les dépenses nécessaires sans garantie de la Ville, mais sur projets approuvés par elle.

La Compagnie reste maitresse de ses tarifs au-dessous des maxima de 0,60 fr le kilowatt-heure (éclairage) et de 0,35 fr (force motrice).

Jusqu'à concurrence de 720 000 fr les bénéfices sont partagés par moitié. Au delà, les deux tiers sont acquis à la Ville.

Le personnel est assimilé au personnel municipal.

Toutes les installations reviennent gratuitement à la Ville en fin de concession.

Projet de la Compagnie L'Est-Lumière. — Cette proposition ne s'applique également qu'à la rive gauche. La Ville rachèterait à la Compagnie du Secteur de la Rive Gauche ses usines, branchements, machines, etc. Elle rétrocéderait ces installations à la Société nouvelle, qui continuerait l'exploitation et rembourserait à la Ville le prix d'acquisition, amorti pendant le bail qui prendrait fin le 30 juin 1942.

Les autres clauses du projet sont sensiblement pareilles à celles du projet du Secteur de la Rive Gauche.

Les bénéfices nets de l'exploitation, après déduction des intérêts et de l'amortissement du capital social et des emprunts (l'intérêt étant fixé à 4 pour 100) seraient partagés par moitié.

Le droit de rachat pourrait s'exercer à partir du 31 décembre 1922.

Projet de la Société d'Études pour l'Exploitation de l'Énergie électrique à Paris (MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie). — Cette Compagnie s'engage à commencer son exploitation dans chacun des six secteurs au moment où expire chacune des permissions actuelles. Elle garantit la Ville contre les difficultés qui pourraient survenir entre la Ville et les Secteurs.

La concession comportant monopole, sauf pour les services publics de traction, expirerait le 31 décembre 1958. Le contrat pourrait être résilié fin 1923, 1928 ou 1933.

Jusqu'à fin 1912, au plus tard, la Compagnie assurerait provisoirement le service en conservant, dans la mesure où elle le jugerait convenable, les systèmes fonctionnant actuellement. Elle réaliserait, à partir de cette date, sous forme définitive, les conditions techniques indiquées par la Commission spéciale : une, deux ou trois usines hors Paris produisant des courants triphasés à 10 000 volts de tension et à la fréquence de 50 périodes par seconde, etc.

Tout l'actif mobilier ou immobilier acheté ou construit deviendra immédiatement propriété de la Ville.

Les conditions du travail seront aussi au moins avantageuses que les conditions actuellement établies par la Ville pour les travailleurs municipaux.

La Compagnie paiera à la Ville : 8 pour 100 des recettes brutes provenant de la vente du courant; 45 pour 100 sur les bénéfices annuels (5 pour 100 étant réservés au personnel), et l'ensemble de ces redevances ne devra jamais s'élever à moins de 4 millions de francs par an, la Compagnie s'engageant à parfaire cette somme dans tous les cas.

Tout l'actif mobilier et immobilier passera gratuitement en la possession de la Ville à l'expiration de la concession.

La Compagnie s'engage à établir 400 kilomètres de canalisations nouvelles avant la fin de 1912.

La Compagnie établirait un tarif fort applicable aux heures de grande consommation et un tarif faible. L'abonné aurait néanmoins le choix entre ce double tarif et le tarif à la demande maxima. Les tarifs iraient en décroissant : 0,90 fr et 0,35 fr le kilowatt-heure jusqu'en 1912; 0,70 fr et 0, 20 fr jusque fin 1922; 0,60 fr et 0,15 à partir de 1923.

La Ville bénéficierait d'une réduction de 30 pour 100.

Les propositions que je viens d'analyser ont cet avantage commun, que les Compagnies qui les présentent assument, en ce qui les concerne, la charge des difficultés de la période transitoire et qu'une clause de rachat permet à la Ville de reprendre sa liberté d'action en 1921 ou 1923.

Une rapide comparaison conduit aux constatations suivantes :

Les propositions de MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie s'appliquent à l'ensemble de Paris, alors que les propositions de la Compagnie Édison ne s'appliquent qu'à la rive droite, celles du Secteur de la Rive Gauche et de l'Est-Lumière à la rive gauche seulement, ce qui, à défaut d'entente, conduirait à avoir à Paris deux régimes non semblables.

La durée de la concession demandée par MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie, qui expirerait en 1958, est moins longue que celle demandée par la Compagnie Édison et l'Est-Lumière (30 juin 1942) et par le Secteur de la Rive Gauche (31 décembre 1945).

Les propositions de MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie, seules, garantissent à la Ville un bénéfice annuel qui serait au moins de 4 millions.

L'avantage paraît donc être en faveur de ces propositions qui, présentées par des personnalités offrant toutes garanties, ont été examinées de près par les Conseils de la Ville.

C'est pourquoi je n'hésite pas à recommander à toute votre attention le projet de MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie.

Si vous ne croyez pas devoir l'adopter tel quel ou amendé dans ses détails, si vous estimez que d'autres propositions pourraient avantageusement venir en concurrence avec lui — bien que l'on soit fondé à croire qu'en raison de la notoriété de cette affaire, toutes propositions utiles ont été formulées — je vous prierai de décider que, pendant un délai déterminé, des propositions, établies sur les bases de ce projet considéré comme un minimum, pourront être adressées au Préfet de la Seine, qui vous les soumettra.

Toutefois, en raison de l'expiration prochaine des concessions, il sera nécessaire d'impartir aux demandeurs éventuels un délai assez court : 2 mois par exemple. Le même motif me fait vous demander de délibérer sur cette importante affaire au cours de la présente session.

Paris, le 8 novembre 1905.

Le Préfet de la Seine,
J. de Selves.

RAPPORT DE M. L'INGÉNIEUR EN CHEF DES SERVICES GÉNÉRAUX D'ÉCLAIRAGE

Exposé. — A la suite des réunions de la Commission technique d'électricité, M. le Préfet de la Seine a demandé aux Secteurs d'assurer le régime provisoire dans des conditions de nature à ménager les divers intérêts en jeu, réserve étant faite du régime définitif. Les trois Secteurs de la Rive Gauche, des Champs-Élysées et Edison n'ont cru devoir faire aucune proposition à ce sujet. Les trois Secteurs d'Éclairage et de

Force, de l'Air comprimé et de la Place Clichy ont adressé des propositions que nous examinerons plus bas. D'autre part, la Compagnie Edison, la Compagnie du Secteur de la Rive gauche, la Compagnie de l'Est-Lumière et enfin MM. Schneider et Mildé ont, dans un ordre d'idées différent, adressé des propositions engageant le régime futur...

(*Suit l'examen analytique des divers projets.*)

COMPARAISON DE TOUS LES PROJETS PRÉSENTÉS

Combinaisons possibles. — En groupant ensemble les projets qui doivent être groupés. nous avons finalement trois combinaisons à examiner.

I. *Combinaison sans concession de longue durée.* — Traités passés avec les Secteurs d'Éclairage et Force, de Clichy et de l'Air comprimé. — Rachat du Secteur Edison. — Alimentation des Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive Gauche au moyen de sous-stations nouvelles. — Construction d'une usine centrale nouvelle.

II. *Combinaisons avec concession de longue durée et faculté de rachat.* — II *a*. Traités avec le Secteur de la Rive Gauche ou avec la Compagnie de l'Est-Lumiere pour la rive gauche, et avec la Compagnie continentale Edison pour la rive droite.

II *b*. Traité avec MM. Schneider et Cie et Mildé et Cie pour l'ensemble de Paris.

Date de mise en fonctionnement de la régie. — Avec la combinaison n° 1, la régie pourrait fonctionner à partir : d'avril 1907 sur le Secteur Edison; d'août et décembre 1908 sur les Secteurs des Champs-Élysés et de la Rive Gauche; d'avril 1911 sur les autres Secteurs.

Avec la combinaison 2 *a*, la régie serait possible à partir du 1er janvier 1924 pour la rive droite et du 1er janvier 1921 ou 1925 pour la rive gauche.

Avec la combinaison n° 2 *b*, la régie serait possible à partir du 1er janvier 1925. Nous avons indiqué qu'il serait à propos de voir avancer cette date.

Engagements financiers de la Ville. — Avec la combinaison n° 1, la Ville est conduite à engager à des titres divers 130 000 000 de fr, peut-être davantage si des mécomptes se produisent au sujet du rachat ou pour toute autre cause-

Avec les combinaisons n°s 2 *a* et 2 *b*, la Ville en traitant n'engage en aucune façon ses finances. C'est seulement dans l'avenir, et si elle décide de racheter, qu'elle contractera des obligations financières.

Date d'entrée en possession d'un actif entièrement libéré. — Avec la combinaison n° 1, c'est au bout d'une trentaine d'années c'est-à-dire vers 1941, que l'actif construit par la Ville aurait été entièrement amorti sur le compte de l'exploitation.

Avec la combinaison n° 2 *a*, la Ville prendrait gratuitement possession de l'actif construit par les Sociétés : au 30 juin 1942 pour la rive droite, au 31 décembre 1945 ou au 30 juin 1942 pour la rive gauche.

Avec la combinaison n° 2 *b*, cette prise de possession aurait lieu en décembre 1938.

Nature des installations dont la Ville prendrait possession. — Avec la combinaison n° 1, on aurait pour la génération du courant et la distribution primaire un matériel aussi perfectionné que possible. Pour la distribution secondaire, on aurait un système un peu hétérogène, mais cependant admissible, quoique s'écartant quelque peu du type recommandé par la Commission technique.

Avec la combinaison n° 2 *a*, on aurait un matériel hétérogène tant pour la distribution que pour la génération. La répartition du territoire parisien entre les diverses usines de génération ne serait pas la meilleure.

Avec la combinaison n° 2 *b*, le matériel, les systèmes de génération et de distribution primaire ou secondaire pourraient être aussi homogènes et aussi parfaits qu'on peut le désirer.

Difficultés à craindre vers la fin de la concession. — Il est inutile d'insister sur les difficultés qu'on rencontre, vers la fin de toute concession, à obtenir du concessionnaire les travaux de premier établissement nécessaires pour satisfaire le public. Des difficultés de cette nature subsistent dans la combinaison 2 *a*; dans la combinaison 2 *b*, elles sont évitées par la création du fonds spécial de travaux.

Tarifs. — Avec la combinaison n° 1, les tarifs actuels sont maintenus jusqu'en 1907 et 1908 respectivement pour les Secteurs continus et alternatifs. Jusqu'en 1911 on ne peut espérer qu'une baisse très légère. C'est seulement à partir de 1911 que joueraient les tarifs définitifs de 0,60 et 0,15 fr.

Avec la combinaison n° 2 *a* : 1° sur la rive gauche une baisse importante est consentie dès 1906 ou 1907, et les tarifs définitifs jouent en tout cas à partir de 1911; 2° sur la rive droite, les tarifs actuels sont maintenus jusqu'en 1907 (jusqu'en 1908 pour les Champs-Élysées), les tarifs définitifs jouent à partie de cette époque.

Avec la combinaison n° 2 *b*, les tarifs actuels sont maintenus pendant la durée des concessions actuelles. Ensuite, jusqu'en 1912, se produit pour tout Paris une baisse importante. De 1913 à 1922 les tarifs définitifs sont presque réalisés. Ils le sont entièrement à partir de 1923.

Les tarifs définitifs n'étant pas identiques comme chiffres, et ne s'appliquant pas identiquement aux mêmes objets, on ne saurait comparer très exactement l'ensemble des avantages faits au public par l'une ou l'autre des combinaisons. Tout ce qu'on peut dire est que, à ce point de vue, la combinaison n° 1 serait nettement moins avantageuse que les deux autres, et ces deux dernières à peu près équivalentes.

Avantages financiers pour la Ville. — Avec la combinaison n° 1, nous sommes arrivés précédemment à une recette nette de 2 000 000 à 3 000 000 de fr, toutes charges déduites, dans l'hypothèse où les tarifs seraient 0,60 et 0,15 fr. Le chiffre ne peut d'ailleurs être donné qu'avec réserve quand il s'agit d'une exploitation à monter sur des bases entièrement nouvelles.

Avec la combinaison n° 2 *a*, la Ville ne touche aucune redevance sur la recette brute et rien ne lui est garanti. Si les bénéfices totaux sont de 2 000 000 à 3 000 000 de fr, comme nous l'avons admis dans la combinaison n° 1, la Ville n'en toucherait qu'une part voisine de 1/2, soit de 1 000 000 à 1 500 000 fr. Par contre, elle n'a aucun risque de perte comme dans la combinaison n° 1.

Avec la combinaison n° 2 *b*, la Ville, sans courir aucun risque de perte, se voit garantir 4 000 000 de fr; d'autre part, touchant à la fois sur les recettes brutes et sur les bénéfices, elle peut espérer davantage.

Ajoutons que, en cas de rachat, les conditions de la combinaison n° 2 *b* sont beaucoup moins onéreuses que celles de la combinaison n° 2 *a*. En plus de l'amortissement restant à faire, la Ville a à payer : avec la combinaison 2 *a*, la totalité du bénéfice de la Compagnie pendant toutes les années restant à courir; avec la combinaison 2 *b*, la moitié de ce bénéfice restant à courir sauf les cinq dernières.

Difficultés de la période transitoire. — Avec la combinaison n° 1, ces difficultés sont levées en ce qui concerne trois Secteurs, mais elles subsistent en ce qui concerne les trois autres. Une très grande hâte est nécessaire si l'on veut arriver à temps pour réaliser le programme proposé en ce qui concerne les deux Secteurs alternatifs.

Avec les combinaisons n°s 2 *a* et 2 *b*, la Ville est entièrement déchargée de toute difficulté de ce genre. Pour les Compagnies qui assument ces difficultés, elles seront moindres que pour la Ville : 1° parce que les formalités prélimi-

naires seront moins longues; 2° parce qu'il sera possible d'intéresser tel ou tel Secteur à l'entreprise future.

Facilités d'une entente définitive. — La combinaison n° 1 ou la combinaison n° 2 *a* ne serait valable qu'avec l'assentiment des Assemblées générales d'actionnaires de Sociétés différentes, ayant des intérêts différents. Avec la combinaison 2 *b*, on n'a affaire qu'à un seul groupe; les diverses Sociétés dont ce groupe se compose ont toutes les mêmes intérêts, et d'après leur constitution les signatures qui seraient données seraient définitives sans qu'aucune Assemblée générale n'ait à intervenir. Plus sont nombreux les groupes distincts avec lesquels l'accord est nécessaire, plus les difficultés seront grandes pour arriver à une entente définitive, telle Société pouvant se dérober au dernier moment, réclamer de nouveaux avantages, ou faire échouer l'affaire. A ce point de vue, la combinaison n° 2 *b* serait de beaucoup préférable; puis viendrait la combinaison n° 2 *a*; la combinaison n° 1 est celle qui présente le plus de difficultés pour être menée à bonne fin.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Tous les arguments étant mis en balance, la combinaison 2 *b* nous paraît, nettement et de beaucoup, la plus avantageuse pour la Ville.

Quelle que soit d'ailleurs la combinaison choisie, il importe que la question soit tranchée dans le plus bref délai. Pour que la combinaison n° 1 soit possible, il faut, nous l'avons dit plus haut, que les marchés pour la nouvelle usine puissent être passés à très bref délai (vers juillet 1906) et que toutes les formalités préliminaires aient été remplies au préalable. Pour la combinaison 2 *a*, les Compagnies intéressées n'ont pas spécifié jusqu'à quelle époque elles se considéraient comme engagées, mais elles ne donneraient leur signature qu'en prenant toute garantie à cet égard et exigeraient que la conclusion du traité ait lieu assez tôt pour leur permettre d'être prêtes en temps utile. MM. Schneider et Mildé, pour la combinaison 2 *b*, ont précisé ce point et demandent (art. 14) que l'approbation, non par le Conseil municipal seul, mais par l'autorité chargée de statuer en dernier ressort, ait lieu le 1er juillet 1906 au plus tard, c'est-à-dire neuf mois avant le commencement de l'exploitation nouvelle pour la plus grande partie de Paris. Nous ne saurions trouver ce délai exagéré. Étant donné toutes les formalités à accomplir après le vote du Conseil municipal, on voit combien il est nécessaire que ce vote intervienne à bref délai.

D'autre part, on sait quelles entraves la situation actuelle apporte au développement de l'électricité dans Paris. Plus tôt une décision sera prise quant à l'avenir, plus tôt ces entraves seront levées, la Compagnie ou les Compagnies qui auraient traité avec la Ville ayant alors tout intérêt à activer ce développement.

Qu'il nous soit permis de le déclarer ici en toute franchise : nous ne pensons pas qu'aucune des *trois* solutions auxquelles se réduisent les *sept* propositions faites à M. le Préfet de la Seine donne LA solution attendue du problème si ardu, économiquement et techniquement, du *Régime futur de l'Électricité à Paris*.

La combinaison n° 1 engageant les finances de la Ville de Paris pour une somme de 130 millions de francs (peut-être davantage) pour un bénéfice annuel net de 2 à 3 millions ne supporte pas l'examen. Ce projet exigerait d'ailleurs plusieurs années de préparation administrative avant de recevoir toutes les ratifications nécessaires, dans l'hypothèse même où il ne surgirait aucune opposition d'ordre politique, économique ou technique.

La combinaison n° 2 *a* reporte à 1942 ou 1945 la prise de possession par la Ville de l'actif des Sociétés. C'est, en fait, une prolongation du monopole avec un bénéfice annuel limité à 1 000 000 ou 1 500 000 fr. Il est peu probable que le Conseil municipal accepte une combinaison si peu avantageuse.

La combinaison n° 2 *b* assure à la Ville de Paris une recette annuelle d'au moins 4 000 000 fr, sans aucun risque, mais il lui faut accorder une concession qui ne prendra fin que dans 33 ans, le 31 décembre 1938. Ce sont les espérances de régie ajournées à longue échéance; aussi le projet rencontrera-t-il, de ce fait, au sein du Conseil, une sérieuse hostilité.

Il est vrai que, dans les projets 2 *a* et 2 *b*, on prévoit des possibilités de rachat anticipé, mais c'est là un bon billet... c'est-à-dire, en réalité, une clause de pur style.

Mais ce qui fera échouer certainement la combinaison 2 *b*, si avantageuse qu'elle soit pour la Ville de Paris, en dehors de l'opposition qu'elle rencontrera dans le Conseil de la part des partisans de la régie directe, c'est que, pour rendre la combinaison 2 *b* possible, il faut que l'autorité chargée de statuer en dernier ressort ait donné son approbation définitive le 1er juillet 1906 au plus tard, neuf mois avant le commencement de l'exploitation nouvelle pour la plus grande partie de Paris.

Or, pour qui connaît la complexité et la lenteur des rouages administratifs, il est *matériellement impossible* que l'autorité *dernier ressort* statue en sept mois, et ces sept mois vont se trouver réduits pratiquement à cinq puisque, jusqu'au 8 janvier 1906, on pourra encore adresser au Préfet de la Seine des propositions établies sur les bases du projet de MM. Schneider et Mildé *considéré comme un minimum !*

Hypnotisée par la crainte du monopole, ou liée par les entraves administratives, la Ville de Paris ne pourra donc pas profiter des présents d'Artaxercès, mais, à la place d'Artaxercès, nous serions heureux, le 2 juillet 1906, de pouvoir garder nos présents sans manquer à la parole un peu trop généreusement donnée. A bon entendeur, salut! É. H.

LA RECHARGE

DES

PETITES BATTERIES D'ACCUMULATEURS

PAR LE COURANT ALTERNATIF

Dans un précédent article [1] nous avons examiné les causes pour lesquelles l'emploi des soupapes électrolytiques à lames d'aluminium s'est peu développé malgré l'attrait que présente leur simplicité.

[1] Voy. *L'Industrie électrique*, 25 mars 1905, n° 318, p. 129.

Ces causes se résument à deux qui sont : 1° mauvais fonctionnement lorsque le liquide est chaud ; 2° changement de composition de la solution dans laquelle baignent les lames d'aluminium par suite d'une électrolyse prolongée du liquide et de l'attaque des électrodes.

Ces appareils qui conviennent très bien pour des applications où l'on n'utilise le courant redressé que pendant de courts instants, comme la recharge avec intervalles de repos des petits accumulateurs, deviennent peu économiques et d'un entretien coûteux quand on leur demande un service prolongé analogue à celui des commutatrices, ainsi que l'expérience l'a montré.

Il en résulte que la vraie solution du redressement des courants est actuellement donnée par des appareils mécaniques, en attendant que les soupapes à mercure soient de construction plus robuste.

Dans le but de résoudre ce problème délicat du redressement des courants altèrnatifs au moyen d'un appareil simple et peu fragile pouvant fonctionner d'une façon continue et être mis entre les mains de tout le monde, en particulier des médecins et des automobilistes, nous avons établi un redresseur basé sur le principe des récepteurs téléphoniques.

Principe. — Chacun sait que dans le téléphone les mouvements de la membrane sont sensiblement synchrones du courant alternatif qui traverse la ou les bobines; si donc un récepteur de ce genre a été étudié en vue de donner à sa membrane des déplacements suffisamment grands pour pouvoir être utilisés, on voit qu'on pourra s'en servir pour fermer le circuit du courant alternatif quand ce dernier aura un sens déterminé et le rompre dès que le sens tendra à changer. Si la fréquence du courant alternatif vient elle-même à changer comme c'est continuellement le cas dans un téléphone, la lame obéira fidèlement et maintiendra toujours le courant redressé dans une direction bien déterminée.

Tel est le principe de l'appareil; en réalité il est un peu plus compliqué, car pour obtenir un bon fonctionnement il faut qu'il ne se produise *aucune étincelle* entre les points de contacts, l'appareil devra donc ouvrir et fermer le circuit au moment précis où le courant alternatif passe par zéro. On verra plus loin comment ce résultat est atteint pratiquement.

Description. — L'appareil se compose : 1° d'un transformateur ou d'un auto-transformateur ayant pour but d'approprier la tension de distribution à l'application que l'on a en vue; 2° du redresseur ou vibreur proprement dit.

Le transformateur n'offre rien de particulier, il est à circuit magnétique fermé, sa forme a été choisie de préférence circulaire afin de pouvoir disposer le vibreur en son milieu.

Le redresseur se compose essentiellement d'une lame vibrante en acier FF tendue entre deux supports A et B, elle porte rivée à son centre une pastille d'argent venant appuyer légèrement sur un contact de même métal porté par une équerre C. La pression de la lame d'acier contre l'équerre est réglée par une vis V que bloque un contre-écrou ou tout autre dispositif.

Devant la lame vibrante et à une petite distance se trouve un électro-aimant YZ excité par du courant continu. L'un des pôles de cet électro-aimant reçoit une bobine magnétisante E excitée par le courant alternatif à redresser.

Dans les premiers essais, un aimant était employé à la place de l'électro-aimant YZ, mais on constatait trop souvent sa désaimantation subite, ce qui conduisit à adopter un électro-aimant excité par le courant de l'accumulateur à charger ou même tout simplement par le courant redressé fourni par l'appareil. A vide le redresseur s'amorce en effet comme une dynamo.

Le montage se fait d'une façon très simple.

La bobine magnétisante, qui est à fil fin, est reliée soit directement au réseau de distribution avec une résistance additionnelle en série; soit, ce qui est plus simple, en dérivation sur un nombre suffisant de spires du transformateur, entre *m* et *n* par exemple.

Le secondaire à gros fil *pq* du transformateur, dont le nombre de spires est réglé pour donner une f. é. m. en rapport avec le nombre d'accumulateurs à charger, est relié à ces éléments en intercalant la lame vibrante et le contact C.

Le schéma (fig. 1) indique du reste clairement les connexions. Les choses étant ainsi disposées et le cou-

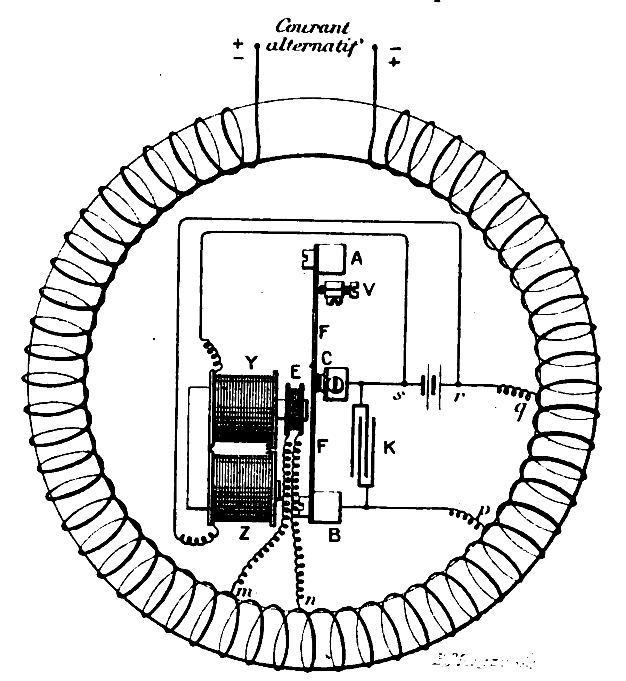


Fig. 1. — Schéma de l'appareil.

rant alternatif étant lancé dans l'appareil, la lame vibrante suivra les variations de flux produites dans le circuit magnétique de l'électro-aimant par la bobine E qui est reliée au courant alternatif. Cette lame quittera le contact quand le flux produit en E s'ajoutera à celui

de YZ, elle y reviendra au contraire dès que ces flux se contrarieront. On voit tout de suite que les accumulateurs seront traversés par un courant toujours de même sens qui pourra être celui de charge si les pôles ont été convenablement reconnus.

Tout ceci exige que les mouvements de la lame vibrante soient en phase avec le courant traversant le secondaire du transformateur; le moindre déphasage pourra occasionner des étincelles en même temps qu'il empêchera le rendressement régulier du courant.

La solution du problème paraît donc difficile et elle le serait sans une remarque qui a permis de maintenir indéfiniment la lame au synchronisme.

Cette remarque est la suivante : le vibreur en fonctionnement étant au centre du transformateur, on a observé qu'il suffit de faire tourner le transformateur par rapport au vibreur ou inversement pour arriver à une position correspondant à une marche sans étincelle. Ce phénomène s'explique si l'on tient compte des fuites magnétiques du transformateur.

Soit Φ_t, le flux dans le noyau de l'auto-transformateur (fig. 2), représentons-le par le vecteur $O\Phi_{max}$. La f. é. m. induite dans une spire est $-\frac{d\Phi}{dt}$ que nous représenterons par le vecteur OE. La f. é. m. entre m et n où il y a N_1 spires est $-N_1\frac{d\Phi}{dt}$ et le courant qui en résulte dans la bobine magnétisante de self L et de résistance r est représenté par le vecteur Oi décalé sur OE d'un angle φ tel que $\operatorname{tg}\varphi=\frac{\omega L}{r}$.

Si l'enroulement à gros fil travaille sur une simple résistance R le courant I qui le traversera sera :

$$I=-\frac{N_2}{R}\frac{d\Phi}{dt}$$

et pourra être porté sur OE.

Supposons maintenant que l'auto-transformateur présente des fuites magnétiques traversant les noyaux de l'électro-aimant du vibreur. Ces fuites sont en phase

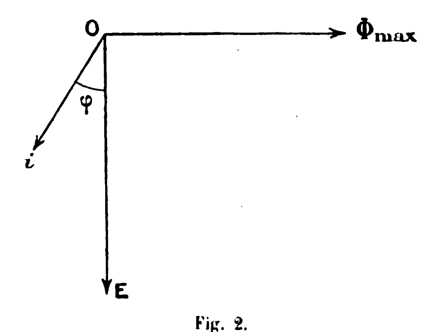


Fig. 2.

dans le temps avec le flux Φ du noyau et par suite font un grand angle (fig. 2) avec le flux créé par la bobine magnétisante qui lui est en phase avec Oi; ces divers flux se composent et on conçoit que le flux résultant dans le noyau de la bobine magnétisante puisse se trouver en phase dans le temps avec le courant I pour une certaine direction du flux dû aux fuites.

On se rend très bien compte expérimentalement de l'importance de la présence du transformateur lorsque le vibreur étant réglé et orienté pour une marche sans étincelle on vient à le retirer lentement de l'intérieur du transformateur. On voit peu à peu les étincelles apparaître au contact C, elles diminuent au contraire et disparaissent complètement lorsque l'on a fait reprendre au vibreur sa position primitive.

Une autre particularité curieuse de cet appareil est qu'une fois qu'il a été réglé il n'est plus nécessaire de s'inquiéter des pôles avant de lui relier la batterie à charger. En d'autres termes on peut intervertir les fils se rendant à la batterie sans que l'accumulateur se décharge; quel que soit le sens des attaches, la charge a toujours lieu. Ce fait inattendu s'explique si l'on remarque que l'électro-aimant YZ reçoit son excitation de la batterie; si donc on intervertit les attaches de l'accumulateur avec l'appareil, on change en même temps les pôles de l'électro-aimant, le mouvement de la lame vibrante se trouve aussitôt modifié et la charge conserve son sens. Ce fait montre la rapidité avec laquelle la lame vibrante se met au synchronisme, le moindre retard serait la cause d'une série de fortes étincelles et c'est à peine si on en voit une au moment où se produit l'inversion.

Cette particularité a son importance, car elle permet de confier aux automobilistes, peu informés en général, un appareil des plus simples. Le chargeur se présente extérieurement sous la forme d'une caisse plate fermée par un grillage, la paroi supérieure porte quatre bornes : deux d'entre elles sont reliées à la canalisation à courant alternatif à 110 volts, les deux autres marquées « accumulateur » sont reliées à la batterie à charger sans qu'on ait à se préoccuper de la recherche des pôles en aucune façon; quel que soit en effet le sens des attaches, la charge a toujours lieu.

On peut se demander ce qui se passera si le courant alternatif vient à être supprimé par suite de la fusion d'un plomb ou pour toute autre cause; on pourrait craindre de voir l'accumulateur se décharger inutilement. Il n'en est rien, car l'appareil forme disjoncteur, l'électro-aimant YZ excité par le courant de la batterie, maintient la lame vibrante attirée et rompt en C le courant de décharge.

Les variations de fréquence n'ont aucune influence non plus sur la marche de l'appareil qui reste constamment au synchronisme, on a pu faire varier la fréquence de 40 à 80 périodes par seconde sans que la charge soit troublée.

Nous avons relevé à l'ondographe Hospitalier quelques courbes du courant redressé fourni par cet appareil, elles sont visibles (fig. 3).

La courbe u_a est celle de la différence de potentiel du réseau, la courbe i_r représente l'intensité du courant redressé, elle ne présente pas de partie négative, ce qui

montre que l'appareil devait fonctionner sans étincelle, on remarquera cependant qu'elle se maintient dans sa partie horizontale légèrement en dessous de zéro, c'est l'effet du faible courant d'excitation envoyé par la batterie dans l'électro-aimant de l'appareil.

La courbe u_b de la différence de potentiel aux bornes

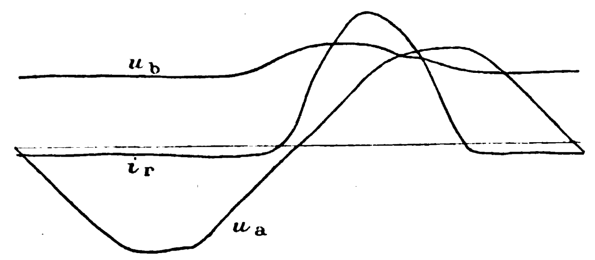


Fig. 3. — Courbes relevées à l'ondographe Hospitalier pendant le fonctionnement de l'appareil.

de la batterie se maintient horizontale sauf pendant la période où agit le courant redressé, on voit à cet endroit la tension s'élever sous l'action du courant de charge.

Nous nous faisons un devoir, en terminant, de reconnaître que l'ondographe Hospitalier à l'aide des courbes qu'il nous a fournies, nous a permis de voir ce qui se passait et nous a aidé à mener à bien la mise au point de cet appareil pendant la période d'études.

A. Soulier.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Le régime futur de l'électricité à Londres. — On se souvient qu'à la dernière session du Parlement, les promoteurs des bills pour la distribution de l'énergie électrique à Londres furent évincés par l'oposition systématique du London County Council. On ne sera peut-être pas surpris d'apprendre que les édiles de Londres ont l'intention de demander une autorisation du Parlement, à la prochaine session, en vue de devenir eux-mêmes les maîtres de l'exploitation de la distribution d'énergie électrique partout dans Londres et même dans la banlieue; ils auraient en outre le désir de la fournir aux grands consommateurs, tels que les chemins de fer, les canaux et les tramways.

Cette proposition a été suggérée en partie par les résultats de l'examen par les comités parlementaires de divers bills présentés ces mois derniers.

On se souvient que parmi les bills de la session de 1905, on a approuvé sous une forme modifiée celui de l'Administrative County of London C°, après que les comités de la Chambre des Lords et de la Chambre des Communes l'eurent examiné. Le rejet par le comité de la Chambre des Lords de trois bills à un certain moment de la session dernière, n'a laissé subsister parmi les bills de l'électricité pour Londres, que ceux qui furent présentés par l'Administrative County of London C° et la Metropolitan Electric Supply C°, et on devine la situation extraordinaire d'une combinaison des Compagnies de l'éclairage électrique, exploitant parallèlement avec le London County Council. Mais par l'adoption d'une attitude de conciliation et en faisant des concessions, les promoteurs du bill auraient pu traiter avec certaines autorités locales, tandis qu'en même temps on s'arrangeait avec toutes les Compagnies de Londres qui ont retiré leur opposition.

Non seulement il en fut ainsi, mais les promoteurs du bill, qui n'avaient pas envisagé au début l'application de droits d'achat obligatoire, se sont entendus d'abord pour l'expropriation au bout de 50 ans, et ont consenti finalement, à l'introduction d'une clause, pour la faculté d'achat ordinaire après 42 ans. Le reste de l'opposition, représenté par le London County Council et certaines autorités locales ont failli obtenir de la commission de la Chambre des Communes de refuser de faire passer le bill, mais ils réussirent à gâter le projet par les retards qui l'ont rendu impossible par suite de l'écoulement du temps.

Sur ces entrefaites, le bill présenté par la Metropolitan Electric Supply C°, qui se rapporte à un secteur déterminé dans l'ouest, du moins une moitié de celui couvert par l'Administrative County of London C°, fut autorisé, et même sans qu'on ait introduit de clause d'achat, comme dans le cas des Compagnies d'électricité de province. Une conférence sur cette question aura lieu prochainement et on l'écoutera avec grand intérêt. Mais il est bien à désirer que le County Council ne se charge pas d'un fardeau avec ce projet, car ses efforts dans l'industrie municipale avec le service de bateaux à vapeur sur la Tamise et des tramways n'ont donné jusqu'ici que des pertes et une augmentation énorme des impôts. Mais nous avons l'assurance de la commission qu'il y aura une discussion complète de l'état financier du projet avant qu'on fasse l'application pour le bill.

L'Institution of Electrical Engineers. — La dernière réunion de cette Société a eu lieu le 9 novembre et M. John Gavey, président, a lu le discours annuel. Il a parlé principalement des progrès faits dans la télégraphie et la téléphonie. Des statistiques qu'il a consultées il résulte que les téléphones se développent plus rapidement que les télégraphes. En comparant les chiffres de 1893 et 1902, il y a, dans les téléphones, une augmentation dans la proportion de 9 à 1, si l'on en juge par les kilomètres de lignes, par le nombre d'abonnés ou de conversations. M. Gavey voit dans l'avenir une difficulté, voici du reste ses propres mots à ce sujet : « Quant à la téléphonie malgré le progrès qu'elle a fait jusqu'à présent, on ne peut que penser qu'on n'a vu que le commencement de son développement dans notre pays. Cependant, son progrès à venir dépend surtout de l'action des autorités locales, qui seront obligées de se montrer

plus prévenantes qu'elles ne l'ont fait dans le passé si elles ne désirent pas que les municipalités qu'elles représentent soient impuissantes à assurer l'intercommunication que la science a mise à leur disposition. »

Pour ces municipalités il serait d'avis que toutes les lignes téléphoniques soient installées en souterrain sans tenir compte du nombre de câbles à fournir, ni du capital immobilisé, ou du fait que dans l'état de nos connaissances actuelles il faut installer les longues lignes de téléphones avec des lignes aériennes. Ne pas tenir compte de ces choses c'est mettre un obstacle absolu à l'exploitation d'un service bon marché et efficace. Dans son propre intérêt et pour le bien du service qu'elle dirige, une administration téléphonique placera toujours ses lignes souterraines là où il est possible de bien exploiter ses circuits. Les autorités locales devront insister pour que cette méthode soit employée toujours et partout. De plus, pour ne pas étouffer cette industrie, on ne devra pas exagérer par trop les prix pour que le consommateur ordinaire ne puisse l'employer. Lorsqu'il faut qu'une municipalité fournisse la dépense capitale pour les entreprises publiques, en général elle s'attache à ce qu'on ne gaspille pas son argent, mais quand le coût est fourni par d'autres, il y a une tendance à faire des demandes extravagantes, et les autorités semblent souvent oublier que ceux qu'elles représentent doivent un jour ou l'autre payer les frais sous une forme quelconque.

En parlant des défauts dans les lignes et de leur localisation, M. Gavey dit que pour obtenir un contrôle rapide de la grande masse de câbles entrant dans les bureaux principaux, on attachait autrefois les lignes à des bornes fixées dans une boîte d'essai qui était volumineuse et qui prenait beaucoup de place dans un édifice coûteux. Actuellement on termine ces câbles sur les tableaux téléphoniques et on se sert de prises de courant et de cordons flexibles pour faire les connections pour éprouver et pour croiser les lignes, etc., cet arrangement n'occupe qu'un tiers de l'espace de l'ancien type. Puis, l'introduction étendue de batteries d'accumulateurs chargées par une installation d'éclairage au moyen de moteurs générateurs a permis dans les dernières années de supprimer près de 150 000 éléments primaires dans le service des Postes et il y a eu une économie proportionnelle d'espace et une grande économie dans l'énergie de production et dans l'entretien.

Les méthodes téléphoniques ont été très utiles pour l'intercommunication des quartiers métropolitains et elles ont évité beaucoup de retransmissions au bureau central par l'emploi d'un tableau central spécial sur les lignes téléphoniques.

Comme conclusion, le président a rappelé plusieurs problèmes qui ne sont pas encore résolus tels que ; la transmission rapide de messages qui doivent être reçus en caractères écrits ; le relais téléphonique ; le tableau central futur lorsque les abonnés seront beaucoup plus nombreux ; et l'emploi des câbles sous-marins pour les transmissions téléphoniques. Il termine en disant qu'il y a encore en somme beaucoup de travail pour les ingénieurs dans la télégraphie et la téléphonie.

Le Board of Trade et les distributions d'énergie électrique. — Ces dernières années, plusieurs municipalités ont obtenu le droit d'exécuter des projets dans leur voisinage, souvent sans aucune intention de l'exercer et d'exécuter les projets, mais uniquement dans le but d'empêcher des Sociétés anonymes d'obtenir ces droits elles-mêmes, ou bien avec l'intention de vendre leurs droits à une Société anonyme. Le Board of Trade a récemment jugé nécessaire de refuser plusieurs de ces bills et il a par suite annoncé qu'il considérait comme illicite pour une autorité locale de demander une concession sans avoir l'intention d'exercer son droit lorsqu'elle l'a obtenu. Il a été décidé qu'à l'avenir le Board of Trade n'accordera aucune autorisation à une autorité locale s'il n'est pas sûr qu'elle l'exécutera elle-même ou qu'elle aura fait des arrangements avec une Compagnie en vue de l'exécuter.

Dans le cas où une personne particulière demandera le droit d'éclairer un endroit, cette autorisation lui sera accordée mais à condition qu'elle sera transférée dans une période fixe à une Société anonyme nommée par le Board of Trade.

Le nom de la Société à laquelle l'autorisation sera transférée doit être soumis au Board au moins trois mois avant l'expiration de la concession. C. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 6 novembre 1905.

Sur la conductibilité électrique du sélénium. — Note de M. Maurice Coste, présentée par M. Lippmann. — Pour mesurer la résistance du sélénium on le fond généralement entre deux lames métalliques. Par refroidissement rapide, on obtient du sélénium vitreux qui est isolant ; en le recuisant on effectue sa transformation en sélénium *métallique* qui est conducteur. Le sélénium peut se combiner directement à la plupart des métaux ; aussi obtient-on un sélénium qui contiendra, suivant les conditions de l'expérience (température, durée de chauffe), des proportions variables de séléniures.

L'or ne forme pas avec ce métalloïde de combinaison directe : il y a cependant une légère attaque. Deux lames d'or isolées sont placées à 1 mm l'une de l'autre. Du sélénium est étendu de façon à remplir l'intervalle qui les sépare. Le refroidissement est assez rapide ; le sélénium est vitreux et l'isolement est supérieur à 50 mégohms. Par recuit on transforme le sélénium ; la résistance est de quelques milliers d'ohms. Un peu d'or s'est diffusé dans la masse en refondant le sélénium et, malgré un refroi-

dissement rapide, on trouve que l'isolement n'est plus parfait, n'est plus que de quelques mégohms. L'expérience suivante montre bien que l'effet observé est dû à la dissolution du métal. Une feuille d'or pur de 0,01 mm d'épaisseur est placée dans un tube de verre avec du sélénium. On fait le vide et le tube est fermé à la lampe. Le sélénium est fondu au contact de l'or, puis rassemblé dans une petite région du tube. En chauffant on le vaporise ; il reste un petit cerne d'or adhérent au verre et très brillant s'il a été porté à température élevée.

En employant le carbone pur à la place des métaux, on évitera la complication due à la présence des séléniures. Deux variétés de carbone m'ont fourni des résultats identiques :

1° Un fil de charbon obtenu par calcination en vase clos de cellulose pure est amené à grosseur convenable de la façon suivante : le fil est placé sous une cloche de verre dans laquelle on fait le vide. On fait communiquer la cloche avec un récipient contenant de la gazoline, puis le fil est porté à température très élevée au moyen d'un courant électrique. Par l'effet de la température, la vapeur de gazoline est décomposée, le carbone se dépose sur le fil.

2° Du graphite de Sibérie, purifié par un traitement chimique, est aggloméré avec un peu de kaolin. La masse passe sous pression dans une filière en saphir. On obtient ainsi des bâtons bons conducteurs et bien rectilignes. Un premier mode de purification du sélénium consiste à le dissoudre incomplètement dans une solution de cyanure de potassium pur. La dissolution filtrée est versée goutte à goutte dans un grand ballon contenant une dissolution étendue et chaude d'acide chlorhydrique pur. Le précipité lavé à l'eau chaude est traité à nouveau de la même façon. Fondu dans le vide, il est distillé à six reprises différentes dans le vide. On obtient de cette façon une masse compacte très brillante à cassure vitreuse.

Effectuons la transformation du sélénium vitreux en sélénium métallique : une section vue au microscope présente un grand nombre de fissures, de géodes avec pointements. La grandeur de ces géodes, les longueurs des pointements, le nombre plus ou moins grand de fissures varient beaucoup avec la façon d'effectuer la transformation et la vitesse de refroidissement. Indépendamment de la question de pureté du sélénium, l'auteur estime que la diversité des résultats obtenus par les différents expérimentateurs a pour cause la structure particulière de chaque échantillon.

Une autre propriété physique du sélénium métallique qui présente aussi une grande importance est sa viscosité.

Le sélénium métallique a un poids spécifique bien supérieur à celui du sélénium vitreux ; la transformation commence toujours par la périphérie. Les parties internes se contractant à leur tour laisseront entre elles des intervalles. La présence de gaz en dissolution modifiera également la structure, car il s'en dégage une partie pendant la transformation. Les boursouflures ainsi produites sont très nettement visibles à l'œil.

Un échantillon transformé et qu'on laissera revenir à la température ordinaire ne prendra son état stable qu'au bout d'un certain temps.

Un parallélépipède de dimensions 90 mm × 1 mm × 0,5 mm présente les valeurs suivantes :

Résistance initiale en ohms.	
44 000	»
60 000	1 heure après.
63 500	2 —
78 000	24 —
86 000	48 h., 72 h., 96 h. après.

Deux échantillons de sélénium : l'un très compact, l'autre à texture à géodes présenteront des différences considérables au point de vue de la variation de résistance avec la température. Pour le second, par suite de dilatations inégales, la nature des contacts sera modifiée : il s'établira une légère pression aux points de contact et l'étendue des surfaces sera augmentée. Ces deux effets ont pour résultat de diminuer dans des proportions considérables les résistances au contact. On aura donc une diminution assez considérable de la résistance avec la température, quel que soit le sens de la variation pour le sélénium compact.

Pour obtenir du sélénium très sensible à l'action de la lumière, il faut l'obtenir à l'état métallique sous une forme aussi peu compacte que possible. L'effet dû à la lumière me paraît dû à deux causes : 1° modification de la nature de la surface du sélénium ; 2° effet thermique dû à l'absorption des radiations lumineuses.

Séance du 13 novembre 1905

Sur un frein dynamométrique destiné à la mesure de la puissance des moteurs, qui permet l'utilisation, sous forme électrique, de la majeure partie du travail développé. — Note de M. A. Krebs, présentée par M. d'Arsonval. — Nous employons depuis plusieurs années dans les ateliers de la Société anonyme des anciens établissements Panhard et Levassor, pour la mesure de la puissance des moteurs à pétrole, un appareil absolument semblable à celui imaginé par de Prony.

Ce dernier appareil consiste en un collier formé de coussinets serrés sur l'arbre tournant ou sur un manchon calé sur l'arbre tournant de manière à obtenir un frottement convenable qui équilibre un poids porté à l'extrémité d'un levier faisant corps avec le collier.

Dans notre appareil, nous avons remplacé le frottement de matériaux contre matériaux, qui produit de la chaleur, par le frottement d'un induit dans un champ magnétique.

Le mot *frottement* employé dans ce cas n'est pas le terme exact, mais il fait bien comprendre la similitude d'effet. L'énergie produite n'est plus uniquement de la chaleur, mais, pour la plus grande partie, de l'électricité.

L'appareil est disposé de la façon suivante :

L'induit d'une dynamo est relié directement à l'arbre de la machine dont il s'agit de mesurer la puissance, de manière que son arbre soit le prolongement de celui de la machine.

L'inducteur de la dynamo portant les paliers de l'arbre de l'induit, au lieu d'être fixé rigidement au sol pour résister à la réaction du couple moteur, peut osciller lui-

même autour de l'axe de l'induit au moyen de paliers à billes reposant sur le sol. Un levier est fixé à la carcasse de l'inducteur perpendiculairement à l'axe tournant et maintenu par deux butoirs lui permettant d'osciller légèrement au-dessus et au-dessous de la position horizontale.

Le collier du frein se trouve constitué ici par l'inducteur et son levier, équilibrés de manière à placer leur centre de gravité sur l'axe de l'arbre tournant.

Lorsque la machine est en mouvement, les actions qui tendent à faire tourner l'inducteur ou collier sont de deux sortes :

1° Frottement de l'induit dans le champ magnétique produisant dans le circuit électrique un courant d'une intensité facile à régler et des courants de Foucault produisant de la chaleur;
2° Frottement matériel des axes dans leurs coussinets et des balais sur le collecteur.

Ces actions exercent une série de forces tangentielles, donnant lieu chacune à un moment par rapport à l'axe de l'arbre. La somme de ces moments tend à faire tourner l'inducteur ou collier du frein dans le sens de rotation de l'arbre tournant de la machine. Un poids placé à l'extrémité du levier détermine un moment inverse qui maintient le système en équilibre horizontal si le mouvement de la machine est uniforme.

Ce dispositif remplit donc exactement les conditions du frein de Prony; il possède sur ce dernier. au point de vue pratique, les avantages suivants :

1° De substituer au réglage du frottement le réglage d'un courant électrique, lequel n'est pas exposé aux variations d'un coefficient de frottement;
2° De transformer en électricité, et non en chaleur, la presque totalité du travail produit par le moteur;
3° La durée de l'expérience peut être prolongée aussi longtemps qu'il est nécessaire sans crainte d'échauffement;
4° Les vitesses de fonctionnement et la puissance peuvent être variées entre des limites éloignées en agissant sur le champ inducteur et le courant produit;
5° Enfin les 85 à 90 pour 100 du travail effectué par le moteur peuvent être utilisés en travail industriel.

Cette nouvelle méthode a la sanction de plusieurs années d'expériences. Elle se généralise surtout dans les usines de construction de moteurs à grande vitesse, tels que les moteurs à pétrole pour automobiles.

Elle est couramment employée entre les vitesses de 500 à 2500 t : m et pour des puissances de moins de 1 à 200 chevaux.

Nous avons eu l'occasion de coupler ensemble sur le même axe deux dynamomètres et avons ainsi mesuré sans difficulté un moteur d'une puissance trop grande pour un seul appareil.

Le même dynamomètre permet de mesurer avec la même rigueur, ainsi qu'il est facile de s'en convaincre, l'effort transmis par lui à un organe mécanique.

Si cet organe mécanique est une transmission susceptible de donner des vitesses différentes, par exemple, pour la même puissance d'origine, on peut obtenir le rendement mécanique de cet organe en le commandant d'une part par un dynamomètre et en recueillant de l'autre le travail transmis par un second dynamomètre. Le rapport des moments des deux dynamomètres donne le rendement.

Nous tenons à rappeler ici qu'en 1889 M. Marcel Deprez avait adopté un dispositif analogue de suspension de l'inducteur d'une dynamo pour obtenir la mesure de son rendement industriel.

Sur le phénomène électrique créé dans les chaînes liquides symétriques pour les concentrations, par la formation d'une surface fraîche de contact. — Note de M. M. Chanoz, présentée par M. d'Arsonval. (Voy. les *Comptes rendus*.)

BIBLIOGRAPHIE

Physikalische Grundlagen der Gleich- und Wechselstromtechnik (Bases physiques de la technique des courants continus et alternatifs), par A. Königswerther. *Max Jänecke*, éditeur, Hanovre, 1905. — Format : 22 × 14,5 cm; 120 pages. — Prix : 3,25 fr.

Comment ce fascicule portant le n° 1 des *Repertorien der Elecktrotechnik* (Manuels ou Guides-répétiteurs d'électrotechnique), dont nous avons déjà annoncé [1] deux petits volumes, nous parvient-il aujourd'hui seulement et après l'apparition des n°s 3 et 11 de la même collection? Nous l'ignorons et nous nous contentons d'enregistrer son arrivée gracieuse entre nos mains, prêt à accueillir de même la suite des douze traités monographiques analogues annoncés comme devant former ladite collection.

L'électricité statique et ses principaux phénomènes, l'électricité dynamique et les lois du courant, le magnétisme, l'électromagnétisme, l'induction et les courants alternatifs, telles sont les six grandes divisions classiques d'un livre qui, tout en ayant, en apparence, des prétentions modestes, n'exclut pas l'intégrale et la différentielle. Il s'adresse, par conséquent, à une classe de lecteurs ayant déjà fréquenté des écoles d'ordre assez élevé et désireux d'acquérir, après coup, des connaissances sommaires mais suffisantes sur une science à laquelle il n'est plus aujourd'hui ni permis ni possible de rester complètement étranger, quelle que soit la branche technique à laquelle on se soit attaché. E. Boistel.

Essais des matériaux, par Bouasse. — *Gratier* et *Rey*, à Grenoble, et *Gauthier-Villars*, à Paris, éditeurs, 1905. — Format : 25 × 16 cm; 150 pages. — Prix : 5 fr.

« Bibliothèque de l'Élève Ingénieur. Mécanique. Essais des matériaux. Notions fondamentales relatives aux défor-

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, 1905, p. 286.

mations élastiques et permanentes ». Rien de tout ce titre n'a guère de caractère électrique qui justifie la mention de ce livre dans nos colonnes. Indépendamment, cependant, de ce que toutes les sciences physiques se relient aujourd'hui par bien des points auxquels l'électricité est loin d'être étrangère ou indifférente, ce petit volume, issu d'une école qui fait, heureusement, beaucoup parler d'elle, est pour nous particulièrement intéressant. Il nous montre l'évolution lente, il est vrai, et peut-être même un peu à contre-cœur qui, sous l'influence de la précision de plus en plus grande du langage électrique, se fait dans celui des mécaniciens fort en retard et légèrement rébarbatifs à cet égard. Comme le dit l'auteur lui-même dans sa préface, il explique dans ce livre le sens exact d'une foule de mots (modules, écrouissage, hystérésis, accommodation, viscosité, etc.) que tout le monde emploie, souvent avec des significations *singulières* et contradictoires. Tel est notamment le fameux prétendu coefficient ou module d'*élasticité E* qui est, bel et bien, par sa définition même, le coefficient d'*inélasticité* ou de *rigidité* d'un corps. L'auteur fait, suivant sa propre expression, justice d'un certain nombre de legs des temps passés dont on a reconnu l'inutilité ou l'erreur.... Travaillant depuis de longues années la question qu'il expose, il appuie ses critiques sur une expérience personnelle laborieusement acquise et n'avance aucun fait qu'il n'ait vérifié lui-même.

Puisse l'exemple d'un des leurs inciter les mécaniciens à cette mise au point de leur langage technique qui s'impose aujourd'hui, pour l'honneur du corps enseignant comme pour la facilité d'instruction des enseignés.

Nous ne saurions d'ailleurs trop louer, comme nous l'insinuons ci-dessus, cette collection naissante, dite « Bibliothèque de l'Élève Ingénieur », à laquelle M. Pionchon a, comme directeur et collaborateur, attaché son nom de bon augure. L'Université de Toulouse nous envoie cette utile contribution aux idées que nous défendons; nous l'en félicitons.

C'est du côté du *sud* que nous vient la lumière.

Un peu de changement ne fait pas de mal. E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, *boulevard de la Madeleine, Paris.*

---

353 176. — **Société Siemens et Halske Actiengesellschaft.** — *Accouplement pour conducteurs d'électricité* (10 avril 1905).

353 434. — **Denieport.** — *Trembleur pour bobine d'induction* (17 avril 1905).

353 429. — **West.** — *Appareil pour essayer des résistances électriques* (7 janvier 1905).

353 439. — **Dick.** — *Système de régulation pour installations électriques* (18 février 1905).

353 265. — **Mascord.** — *Dispositif pour l'application et la distribution de la force motrice électrique particulièrement pour la mise en marche des machines* (11 janvier 1905).

353 288. — **Schiele.** — *Procédé pour recouvrir par voie électrolytique les surfaces d'objets en fer, acier, fonte, etc., d'une couche adhérente d'un autre métal* (23 février 1905).

353 304. — **Granier.** — *Appareil pour l'électrolyse des chlorures alcalins* (18 mars 1905).

350 024. — **Schwanzara.** — *Commutateur pour stations de téléphone et télégraphe sans emploi de fils conducteurs flexibles* (28 juin 1904).

350 014. — **Brianchon.** — *Transformateur de travail mécanique en énergie électrique* (23 juin 1904).

350 021. — **Boisseau du Rocher.** — *Machine statique à grand débit* (27 juin 1904).

353 468. — **Kugelmann.** — *Perfectionnements aux auto-commutateurs téléphoniques* (14 avril 1905).

353 564. — **Siemens Schuckert Werke.** — *Dispositions s'appliquant aux moteurs à collecteur à courant alternatif et comportant un enroulement auxiliaire excité par le courant d'armature* (20 avril 1905).

353 627. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Perfectionnements dans les moteurs à courant alternatif à nombre de pôles variables* (21 avril 1905).

353 704. — **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — *Emploi des alternateurs synchrones* (25 avril 1905).

353 524. — **Metallwerk Elektra.** — *Commutateur électrique* (19 avril 1905).

353 587. — **Berthon.** — *Commutateur rotatif à échappement pour faire produire à une batterie d'accumulateurs un courant mono ou polyphasé* (21 avril 1905).

353 605. — **Holmes.** — *Système signaleur électrique à fonctionnement automatique* (15 mars 1905).

353 658. — **Société « L'Éclairage électrique ».** — *Rhéostat à écran mobile* (22 avril 1905).

353 696. — **Darnell.** — *Interrupteur électrique* (25 avril 1905).

353 783. — **Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie.** — *Montage de poste récepteur pour télégraphie sans fil* (28 avril 1905).

353 893. — **Steljes.** — *Transmetteur à clavier typographique* (3 mai 1905).

353 867. — **Pifre.** — *Commande de moteurs électriques* (2 mai 1905).

353 894. — **Jeantaud.** — *Enveloppe de plaques d'accumulateurs* (3 mai 1905).

353 915. — **Kruyswijk.** — *Moteur à champ tournant avec armature à courant continu* (3 mai 1905).

353 918. — **Cooper Hewitt.** — *Perfectionnements dans les appareils électriques à vapeur* (3 mai 1905).

353 739. — **Fauvin et autres.** — *Perfectionnements aux appareils de mesures électriques* (27 avril 1905).

353 755. — **De Veulle.** — *Commutateur* (28 avril 1905).

353 798. — **Smith.** — *Portées pour arbres* (29 avril 1905).

353 826. — **Lincoln.** — *Perfectionnements dans les distributions électriques* (29 avril 1905).

353 828. — **Lamme.** — *Connexions pouvant fonctionner avec des courants continus ainsi qu'avec des courants alternatifs* (1er mai 1905).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Maison Breguet. — L'Assemblée ordinaire de cette Société s'est tenue le 21 octobre dernier, sous la présidence de M. Georges Berger, président du Conseil.

Le rapport du Conseil, dont lecture a été donnée, fait d'abord connaître que par suite du décès de M. Mayer, la collaboration de M. Maurice Terré fut heureusement obtenue. M. Maurice Terré, ingénieur en chef de la marine en retraite, est attaché simultanément comme administrateur et ingénieur-conseil, en raison de sa compétence en matière de construction des navires de l'État. Le Conseil espère que, tant par son expérience que par ses relations, son concours sera des plus précieux à la Société.

De la présentation des comptes il résulte que l'excédent des produits s'élève pour l'exercice 1904-1905 à 151 235,90 fr, représentant le bénéfice net. Mais bien qu'il soit très désireux de rouvrir l'ère des dividendes, le Conseil a cru sage d'affecter encore cette année le bénéfice aux amortissements, tout en laissant aux actionnaires l'espoir que les résultats nouveaux permettront les années suivantes une répartition plus satisfaisante.

Lorsqu'en 1900, le développement de la traction électrique sur les lignes de chemins de fer suburbains ne faisait doute pour personne, le Conseil avait créé une Société pour l'exploitation en France des brevets américains de M. Sprague. Cette Société, après avoir prouvé l'excellence du système par l'application d'essais à la Compagnie de l'Ouest, sur la ligne des Invalides à Versailles et sur le Métropolitain, s'est vue immobilisée dans ses efforts par l'arrêt inattendu de tous les projets de traction en préparation au moment de sa création.

Le Métropolitain restant son seul champ d'action possible, elle paraissait donc être à sa merci. Après des tentatives infructueuses et vu la faiblesse des éléments d'action dont elle disposait, elle a dû se résigner à accepter les propositions d'achat que lui faisait la Société de Construction électrique filiale de la Compagnie du Métropolitain, propositions qui permettaient de restituer à ses actionnaires, à des conditions meilleures qu'une liquidation ne l'eût pu faire, les 55 pour 100 de l'argent qu'ils avaient versé. La perte éprouvée de ce chef par la maison Bréguet a été passée au compte de Profits et pertes de l'exercice.

Parmi les articles en fabrication dans les ateliers de la maison Breguet figure un nouvel appareil magnéto destiné à l'allumage des moteurs. Le Conseil, ne se sentant pas suffisamment expérimenté sur le terrain commercial, a jugé plus avantageux de se réserver la fabrication dudit appareil et de confier l'exploitation à un concessionnaire contre engagement ferme de prendre immédiatement 50 magnétos pour le Salon du Cycle.

A partir du 15 février 1906, si l'engagement continue, la commande nouvelle devra être de 500 magnétos.

La maison Breguet fait partie en outre d'un petit consortium qui dépend de la banque Rothschild, pour la fabrication des lampes à incandescence.

Ce petit consortium, qui a déjà 18 ans d'existence, a dépensé pas mal d'argent pendant un certain nombre d'années, la maison Breguet pour sa part a fourni 147 000 fr et la banque Rothschild 300 000 fr environ. Mais grâce à des circonstances spéciales, le progrès est venu, ce qui permet d'amortir peu à peu les sommes engagées.

Au compte de Profits et pertes on constate que le bénéfice brut sur les instruments vendus a été pour l'exercice 1904-1905 de 622 449,32 fr, dépassant de 174 043,62 fr le bénéfice brut de l'exercice précédent, et laissant après déduction des charges diverses, amortissements compris, s'élevant à 471 213,42, un excédent net de 151 235,90 fr.

La situation financière de la Société paraît satisfaisante telle qu'elle résulte du bilan suivant :

BILAN AU 30 AVRIL 1905

Actif.

Fonds de commerce	700 000,00 fr.
Brevets et expériences	70 000,00
Immeubles, Paris	614 295,12
— Douai	227 553,30
Terrains, Paris	292 157,58
— Douai	21 754,65
Matériel, mobilier, outillage, Paris	1 031 110,05
— — Douai	736 711,09
Appareils en construction	927 379,44
Autres appareils et matières en magasin	1 204 144,06
Caisse et portefeuille	67 516,36
Débiteurs divers	1 131 848,50
Participations industrielles	162 581,04
Total	7 187 051,19 fr.

Passif.

Capital	4 000 000,00 fr.
Obligations en circulation	725 000,00
Réserve statutaire	259 014,26
Réserve extraordinaire	250 000,00
Réserve spéciale pour l'amortissement des obligations	448 445,00
Créanciers divers	1 353 356,03
Bénéfice net	151 235,90
Total	7 187 051,19 fr.

Quelques actionnaires ayant demandé des renseignements, ceux-ci ont été fournis sous forme d'explications diverses données par le Commissaire aux comptes et le Directeur; après quoi le Président fit adopter par l'Assemblée les résolutions suivantes :

Première résolution. — L'Assemblée générale ordinaire des actionnaires approuve les comptes de 1904-1905 tels qu'ils viennent de lui être présentés.

Deuxième résolution. — Elle décide d'affecter les bénéfices de la façon suivante :

A la réserve légale	5 506,20 fr.
A l'amortissement du matériel	88 391,05
A l'amortissement des immeubles	16 836,96
A l'amortissement du compte participation	13 501,64
Report à l'exercice suivant	25 000,00
Total	151 235,85 fr.

Troisième résolution. — M. Maurice Terré, ingénieur en chef de la Marine en retraite, est confirmé dans ses fonctions d'administrateur, en remplacement de M. Ferdinand Mayer, décédé.

Quatrième résolution. — M. Cazabonne est élu Commissaire des comptes pour l'exercice 1905-1906. Une rémunération de 500 fr lui sera allouée. M. Alfred Bernard est élu commissaire suppléant pour le remplacer.

Cinquième résolution. — L'Assemblée générale, en vertu de l'article 40 de la loi sur les Sociétés, approuve et autorise l'intervention des membres du Conseil qui sont en même temps administrateurs d'autres Sociétés, dans les marchés et affaires conclus ou à conclure avec ces dernières.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

36 528 — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



14e Année. — N° 336. 25 Décembre 1905.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RÉDACTION	ABONNEMENTS	ADMINISTRATION
M. É. HOSPITALIER. 87, boulevard St-Michel. — Paris. TÉLÉPHONE 812-89	Paris et Départements : 24 francs par an. Union Postale : 26 francs par an.	9, rue de Fleurus, 9 Paris. TÉLÉPHONE 704-44

SOMMAIRE

MM. les Abonnés dont l'abonnement expire fin décembre sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE 9, rue de Fleurus, à Paris, en un mandat-poste, le renouvellement de leur abonnement.

INFORMATIONS

Huitième exposition internationale de l'Automobile, du Cycle et des Sports. — Cette exposition, qui vient de fermer ses portes, constitue, sans conteste, le plus grand événement sportif, technique, industriel et commercial de l'année, et obtient chaque fois un succès grandissant, dont une bonne part revient à M. Rives, le plus habile des Commissaires généraux, qui a su faire du Grand-Palais un immense décor de féerie et de rêve dont les magnificences se traduisent, heureusement pour Paris et la France, en bonnes réalités sonnantes et trébuchantes.

Les nouveautés électriques y sont peu nombreuses, mais il y en a quelques-unes que nous nous réservons de faire connaître à nos lecteurs en consacrant quelques monographies à celles qui présentent un intérêt spécial.

Société internationale des Electriciens. — La prochaine réunion mensuelle de la Société internationale des Électriciens aura lieu le samedi 6 janvier 1906, à 8 heures 30 précises du soir, dans l'amphithéâtre de Physique de la Faculté des sciences, 1, rue Victor-Cousin, Paris (place de la Sorbonne).

Ordre du jour : 1° Les étalons mercuriels de résistance électrique, par M. Ch.-Ed. Guillaume. — 2° Recherches récentes sur la décharge disruptive. L'étincelle et l'arc électriques, par M. Langevin (expériences).

Appareil limiteur de courant. — Programme du concours international ouvert par le syndicat des forces hydrauliques a Grenoble. — Sur les réseaux de distribution électrique d'énergie, chacun des branchements dérivés est établi en vue de desservir une puissance dont le maximum est déterminé, soit à forfait, soit par contrat, entre la station centrale et le client preneur d'énergie.

Il arrive que ce maximum peut se trouver dépassé, dans une proportion plus ou moins sensible, pendant un temps plus ou moins court, et que ces dépassements, surtout s'ils coïncident et se prolongent, troublent tout le réseau.

Il y aurait intérêt à établir un appareil apte, non pas à mesurer et à tarifer ces dépassements selon leur intensité, mais à les signaler d'abord au client preneur, puis, s'il n'y met bon ordre, à l'obliger à revenir au respect du contrat qu'il a souscrit, sans investigation ni surveillance tracassière de la part de l'usine distributrice.

L'appareil limiteur de courant, objet du Concours international ouvert par le Syndicat des forces hydrauliques, devra remplir les conditions suivantes :

1° S'adapter à des puissances supérieures à 5000 w et fonctionner sur les courants alternatifs simples ou triphasés pratiquement employés, primaires ou secondaires;

2° Avertir, par un signal efficace, aussi longtemps que possible avant d'entrer en fonction;

3° Limiter automatiquement le courant du branchement au-dessous d'un maximum déterminé, en entrant en fonction toutes les fois que ce maximum aura été dépassé dans une certaine proportion plus ou moins grande, pendant un certain temps plus ou moins court (par exemple et seulement à titre d'indication : 50 pour 100 pendant 5 m, ou de 25 pour 100 pendant 30 s, ou de 50 pour 100 instantanément);

4° Pouvoir être ramené à sa position initiale par une intervention quelconque, mais en laissant une trace spéciale de chacune de ces interventions:

5° Être facilement adaptable à différentes puissances;

6° Être aussi simple, robuste, précis, indéréglable et inviolable que possible;

7° Son réglage ou son fonctionnement ne devront pas être influencés sensiblement par la température ou par l'humidité.

Les concurrents devront faire parvenir avant le 1er avril 1906 au Siège Social du Syndicat, 63, boulevard Haussmann, à Paris, une notice descriptive très complète de la disposition qu'ils présentent au concours avec dessin à l'appui.

Les concurrents, dont les appareils seront retenus par la Commission pour être soumis aux épreuves pratiques, devront fournir deux appareils. L'un sera monté, par leurs soins et à leurs frais, sur le branchement qui leur sera désigné, pour fonctionner en service courant pendant 15 jours. — L'autre sera déposé à l'Institut Électrotechnique de Grenoble, pour être soumis à tels essais que la Commission jugera utile.

Les renseignements nécessaires à ces deux séries d'essais seront portés à la connaissance des concurrents avant le 1er juin 1906, en même temps que l'avis de leur admission aux essais.

Ces essais devront pouvoir commencer le 1er août 1906, terme rigoureux.

Les systèmes proposés restent la propriété des inventeurs qui devront prendre, en temps utile, les mesures nécessaires pour garantir cette propriété.

Le Syndicat se réserve expressément le droit de publier dans la mesure qui lui conviendra la description, les dessins et les essais des appareils présentés au concours.

La Commission chargée de l'examen et du classement des appareils pourra décerner un prix de 2000 fr au concurrent placé au 1er rang, ou diviser cette somme suivant le mérite des appareils.

Pour tous renseignements, s'adresser au Secrétaire du Syndicat des Forces Hydrauliques, à la Chambre de Commerce, à Grenoble.

Nouveau mode de construction de dynamos. — D'après notre confrère allemand *Elektrische Bahnen*, M. Dittmar serait parvenu à réaliser, dans la construction des dynamos, une puissance massique égale à une fois et demie ou deux fois celle des machines de construction normale.

Dans la machine Dittmar, le flux magnétique n'est pas perpendiculaire à l'axe de l'induit, mais il est de direction parallèle à l'axe, les pôles radiaux étant groupés par paires à l'intérieur de la couronne inductrice, qui sert de culasse à chaque paire de pôles voisins, de polarités évidemment opposées. Chaque groupe présente donc à l'induit un pôle nord voisin d'un pôle sud, entre lesquels l'induit fait pont magnétique en quelque sorte. Il ne paraît pas résulter de cette disposition une dispersion plus grande que dans la construction normale.

L'induit est formé de tôles assemblées, non perpendiculaires à l'arbre, comme dans les machines ordinaires, mais parallèles à l'arbre, constituant des secteurs convenablement réunis par des flasques, et laissant entre eux des intervalles pour la circulation d'air et pour les enroulements. Pour un moteur de 40 kw, tournant à 650 t:m et donnant 220 volts, le poids serait de 668 kg. Le diamètre maximum de la carcasse inductrice 72 cm, le rendement 85 pour 100. Si maintenant on analyse le poids des matériaux employés, on trouve :

Sur l'induit.	40 kg de cuivre.
Sur le collecteur	46 —
Sur les inducteurs	40 —

d'où un poids total de cuivre de 126 kg.

Le poids total de fer utile est de 295 kg, comprenant :

Fer de l'induit, en kg	170
Fer des inducteurs, en kg	225

Il paraîtrait qu'on a l'intention d'appliquer le même mode de construction aux alternateurs et aux moteurs synchrones, avec l'espoir d'atteindre, dans ces derniers, des facteurs de puissance plus élevés.

Prix d'éclairage au gaz et à l'électricité. — Un journal anglais reproduit d'après M. Robinson, directeur des usines à gaz de Manchester, les prix comparatifs d'éclairage au gaz et à l'électricité en vigueur à Manchester.

Ces prix sont rapportés à l'unité de 1000 bougies-heure, unité que nous conserverons, puisque l'intérêt de ces chiffres est surtout comparatif, et qu'ils correspondent à une expression commode des prix respectifs des illuminants.

	Centimes par 1000 bougies-heure.
Éclairage au gaz :	
Par manchon incandescent ordinaire, environ. . . .	16
Par bec renversé du dernier modèle, — . . .	10
Par bec intensif, — . . .	105
Par bec à haute pression, — . . .	104
Éclairage électrique :	
Par arc Gilbert, environ	21
Par lampe Nernst, —	754

Nos téléphones jugés par les Américains. — Notre confrère *Electrical World and Engineer*, vient de reproduire le passage suivant d'une interview obtenue de M. Marshall Field, personnalité considérable, ainsi qu'on le sait, de la ville de Chicago, par un journaliste lui demandant les impressions qu'il rapportait d'Europe, et particulièrement de Paris. Nous reproduirons sans commentaires, comme le fait notre confrère, ce qui a trait au réseau téléphonique de Paris :

« Dans mes observations en Europe, j'ai noté tout particulièrement les conditions en vigueur à Paris, où la municipalité monopolise le téléphone; ni New-York, ni Chicago, ne toléreraient un seul jour les conditions qui existent à Paris ».

Il y a dans cet extrait de l'interview une inexactitude, mais nos lecteurs savent comme nous qu'elle est secondaire, car elle n'infirme rien des critiques de M. Marshall Field. La municipalité n'exploite pas le téléphone, mais il est parfaitement exact que la manière dont il fonctionne justifierait, quel qu'en soit l'exploitant, les plus sérieux efforts de révolte du public intéressé.

Distribution d'énergie électrique dans le district industriel rhénan-westphalien. — Le district industriel possède à Dortmund et à Essen deux puissantes centrales. Celle de Dortmund a une puissance de 3500 kilowatts et celle d'Essen dans quelques semaines, quand on y aura installé la seconde turbine de 750 poncelets, aura une puissance totale de plus de 20 000 kilowatts.

Tandis que la station de Dortmund est municipale et a une

valeur brute d'environ 8 575 000 fr, la station d'Essen appartient à la Société rhénane-westphalienne et a une valeur d'environ 16 250 000 fr.

La première jusqu'à présent dessert exclusivement la ville de Dortmund, tandis que la seconde a déjà aujourd'hui un rayon d'action de 30 km et dessert outre la ville d'Essen à peu près 25 communes.

Dernièrement la station d'Essen est arrivée à desservir des localités situées aux portes de la ville de Dortmund de sorte que cette dernière ville s'est émue, car la station d'Essen livre l'énergie à des prix beaucoup plus bas qu'elle. On est arrivé à une entente et il a été prouvé qu'au moyen des deux stations on pouvait desservir le district industriel entier, de Hamm au Rhin et on a décidé de réunir les deux stations sous le nom de « Société électrique rhénane-westphalienne d'Essen-Dortmund » de sorte que l'énergie électrique pourra être vendue à très bas prix. Déjà aujourd'hui un grand nombre de mines et de fabriques sont branchées sur le réseau d'Essen et l'énergie motrice est vendue au prix de 5,625 centimes par kilowatt-heure. Ces prix seront encore baissés si, comme on l'espère, la ville de Dortmund consent à traiter.

Traction mixte à vapeur et électricité en Hongrie. — D'après notre confrère *Elektrische Bahnen*, on construit en Hongrie une ligne où la traction sera normalement faite par l'électricité, mais où, dans un but d'économie, les fortes surcharges seront supportées par 3 voitures motrices à vapeur de 60 poncelets. La construction du matériel électrique et à vapeur serait entièrement faite par la Société Ganz et Cie.

Un volant monstre. — A la suite d'un accident de volant dans une usine électrique, le directeur a étudié et fait construire un volant en bois de plus de 10 m de diamètre et de 5 m de largeur de jante. L'épaisseur de cette jante est d'environ 30 cm, obtenus par 44 épaisseurs de planches de bouleau, les joints étant à recouvrement, l'assemblage des feuilles voisines se faisant à la colle et l'ensemble étant boulonné. L'intérieur du volant est formé d'une double roue à rayons se terminant par deux moyeux. Les 24 rayons et les moyeux sont en fonte : le poids est d'environ 47 300 kg. La vitesse angulaire en essais a été de plus de 76 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse périphérique de 56 m par seconde. C'est, croyons-nous, la plus grande vitesse périphérique obtenue avec le bois, et l'une des plus grandes obtenue en essais, même avec les métaux.

Quant au volant, il détient, par ses dimensions, le record du genre.

Accidents causés en Angleterre par le troisième rail. — Le rapport annuel sur les accidents de chemins de fer en Angleterre, relate les accidents arrivés par suite du contact avec le troisième rail sur les lignes du Lancashire and Yorkshire Railway et du Nord Eastern Railway, lignes qui ont été inaugurées en mars 1904.

Le nombre total des accidents a été de 28, dont 8 mortels, et dont les causes sont les suivantes :

Parmi les accidents mortels, 4 sur la ligne du Lancashire et 3 sur la ligne North Eastern sont dus à ce que l'on a franchi le rail sans prendre les précautions nécessaires ; un accident mortel sur la ligne North Eastern à l'inattention d'un employé. Sur ces deux lignes l'exploitation a lieu au moyen de courant continu à 600 v, provenant de sous-stations à courants triphasés réparties le long des voies. La ligne du North Eastern a une longueur de 64 km, celle du Lancashire de 37 km.

A propos de courts-circuits. — La Société allemande pour la Protection de l'Industrie électrique a écrit au journal l'*Elektrische Bahnen und Betriebe*, la lettre suivante publiée dans le n° du 4 novembre : Bien que les fausses indications relatives à des courts-circuits aient heureusement diminué de beaucoup ces derniers temps, on n'en continue pas moins dans certains milieux à attribuer à un court-circuit la cause incertaine de tout incendie. En août le bruit s'est répandu qu'un incendie qui avait éclaté dans le tunnel de Altenbeck était dû à un court-circuit. Cependant quelques journaux ont protesté, car dans la partie du tunnel où l'incendie s'est produit, il n'y a pas de canalisation électrique à courant fort ; mais il n'en est pas moins resté dans l'esprit du public une certaine apréhension. Le 8 octobre, l'agence télégraphique Wolff a répandu la nouvelle que la cause de l'incendie de la fabrique de caoutchouc à Harburg-Vienne, qui a causé une perte de plus de 2 millions était probablement due à un court-circuit. La Société qui possédait l'usine incendiée, nous écrit que l'idée d'un court-circuit doit être écartée, et cependant l'agence n'a pas cru devoir démentir son information de nature à causer un grave préjudice à l'industrie électrique.

Une autre victoire des Japonais. — Il paraît que l'armée allemande vient d'emprunter aux Japonais l'emploi de pulpe de papier comprimé imprégné de certains sels et moulé, pour tous les usages domestiques : Employée pour sa commodité et sa légèreté par l'armée japonaise en Mandchourie, cette substance résiste, paraît-il, au feu et donne une telle satisfaction, que plusieurs nations européennes en ont décidé l'essai, et qu'une d'entre elles en a déjà décidé l'emploi. P.

CHRONIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

DÉPARTEMENTS

Calais. — *Traction électrique.* — Un projet est à l'étude pour l'établissement dans Calais d'un réseau de tramways électriques. On pense pouvoir établir cinq lignes qui seront les suivantes :

Ligne A. — Première section, du Casino à la place d'Armes, longueur 994 m ; 2e section, de la place d'Armes à la place de l'Égalité, 1396 m ; 3e section, de la place de l'Égalité à la place de la Nation, 946 m ; 4e section, de la place de la Nation à la Halte de Saint-Pierre, 1222 m. Soit au total pour cette ligne une longueur de 4558 m.

Ligne B. — Première section, de la place de l'Égalité à la gare des Fontinettes, longueur 804 m ; 2e section, de la gare des Fontinettes à Guines, 9301 m ; soit au total 10 105 m.

Ligne C. — Section unique : place de l'Égalité au quartier Nieulay, longueur 1950 m.

Ligne D. — Section unique : place de la Nation au cimetière Sud, longueur 1400 m.

Ligne E. — Section unique : porte de Lille au boulevard Jacquard. Itinéraire : rue du Four-à-Chaux partant du passage à niveau de la ligne de Dunkerque, rue Dampierre, place Crèvecœur, rue d'Orleans, boulevard Lafayette, rue du Général-Chanzy, rue de Vic et boulevard Jacquard, soit 1781 m.

Chartres. — *Éclairage.* — La question de l'éclairage électrique de la ville de Chartres est de nouveau agitée devant le Conseil municipal.

Voici en peu de mots l'historique de ce projet.

Le 13 juin 1904, le Conseil municipal nommait une Commission de quatre membres composée de MM. Maunoury, Fresneau, Gilbert et Hubert, afin d'examiner la question.

Le 24 octobre suivant, M. Coudray était nommé membre de cette Commission en remplacement de M. Hubert, qui venait d'être nommé adjoint.

A différentes reprises, cette Commission s'est réunie et l'état actuel de la question est le suivant :

Un projet de traité, calqué le plus possible sur le traité avec la Compagnie du gaz Lebon et dans lequel la Commission a introduit toutes les garanties désirables, a été soumis à l'approbation d'une Société industrielle en cours de formation qui avait engagé des pourparlers avec la municipalité.

Ces garanties comportent principalement le versement d'un premier cautionnement égal au quart de la dépense totale d'installation, et d'un second, pour toute la durée du traité, qui sera affecté à la garantie des obligations contractées non seulement envers la ville, mais aussi envers ceux des habitants qui souscriront un abonnement à la Société.

Cette Société, dit M. le maire, vient de faire savoir qu'elle accepte en principe le projet sauf quelques modifications de détail. Mais comme d'une part on lui demande des garanties pécuniaires et d'autre part, pour les fournir, ses bailleurs de fonds lui demandent préalablement de justifier d'un traité signé, nous tournons dans un cercle vicieux.

C'est pourquoi la Société en question propose d'échanger des signatures provisoires, sous condition que dans un délai de trois mois de la signature, le traité deviendrait définitif s'il n'était pas dénoncé.

Tout fait cependant espérer que l'on s'entendra d'ici peu.

Marseille. — *Distribution d'énergie électrique.* — La Compagnie générale d'électricité qui a déjà créé les stations centrales de Rouen, Nantes, Amiens, Nancy, Angers et Bordeaux et en dirige l'exploitation, va, en vertu d'une concession de la ville de Marseille, créer également dans cette ville une importante usine de distribution d'énergie électrique.

Après une étude très approfondie, elle s'est décidée en faveur des turbines à vapeur, système Brown-Boveri-Parsons, qui sont d'ailleurs appliquées dans la plupart des grandes villes de l'étranger, telles que Milan, Francfort, Berlin, Liége, Rotterdam, Amsterdam, etc., sans compter les usines de l'Ouest-Parisien, à Puteaux, et de la Société d'électricité de Paris, à Saint-Denis.

L'usine comportera dès le début deux groupes turbo-alternateurs de 1800/2160 kw, actuellement en construction dans les ateliers de la *Compagnie Électro-Mécanique*, au Bourget (Seine).

ÉTRANGER

Stockholm. — *Chemin de fer électrique.* — Les chemins de fer de l'État suédois ont décidé d'expérimenter la traction électrique. Le plan a été quelque temps discuté, et approuvé en raison du grand nombre des chutes d'eau de la contrée. Afin de pouvoir entreprendre ce premier essai, on a voté une somme de 425 000 kreutzers. L'énergie électrique sera fournie par une centrale provisoire établie à Tomteboda, 3 ou 4 milles au delà de Stockholm, et on circonscrira cet essai aux sections de Stockholm-Värta et de Stockholm-Iörva. Les essais préliminaires commenceront sur la première de ces deux sections. Si le vote des crédits nécessaires est obtenu, on établira ensuite un trafic régulier entre Stockholm-Iörva et Stockholm-Värta. On espère que les résultats seront assez satisfaisants pour engager à étendre la traction électrique aux lignes dont le voisinage abonde en chutes d'eau. La centrale provisoire de Tomteboda sera actionnée par la vapeur et fournira une puissance de 400 kw. On adoptera le courant alternatif. Rien n'a encore été décidé en ce qui concerne les moteurs et le matériel roulant, mais on suppose que les expériences commenceront sous peu.

West-Ham (Angleterre). — *Station centrale.* — Une nouvelle usine vient d'être construite à Canning Town, sur la rivière Lea.

La chaufferie a 51 m de long sur 32 de large : elle contient actuellement 17 chaudières tubulaires du type Babcock et Wilcox présentant une surface de chauffe de 452 m² avec grilles de 6,3 m². Elles sont pourvues chacune d'un surchauffeur de vapeur contenant 420 tubes. Les chaudières sont divisées en quatre groupes possédant chacun un économiseur Green. Toutes les chaudières sont munies d'épurateurs. Quatre chaudières possèdent un système de foyer automatique à grille tournante. Les cendres se déversent, par des plans inclinés à revêtement réfractaire, dans un tunnel qui se trouve sous le sol de la chaufferie.

L'eau est fournie aux chaudières par deux pompes compound-tandem du type Hall, et par six pompes simples du type Weir.

Les soutes peuvent contenir 7264 m³ de combustible ; le déchargement et le transport du combustible sont automatiques.

La salle des machines a 56 m de long et 20 m de large.

L'installation comporte actuellement six groupes à courant alternatif : deux de 500 kilowatts, deux de 600 kilowatts, deux de 1200 kilowatts et trois groupes à courant continu de 500 kilowatts.

Les moteurs à vapeur Ferranti sont des machines verticales cross-compound à condensation par surface. Les alternateurs produisent du courant à 2000 volts, sous une fréquence de 50 périodes par seconde : le courant continu est produit sous 500 volts.

Le tableau de distribution est divisé en deux parties distinctes : l'une pour le courant alternatif destiné à l'éclairage ; l'autre pour le courant continu employé pour la traction.

Le courant alternatif simple à 50 périodes par seconde est envoyé aux sous-stations par des câbles posés dans des conduites ; les boîtes de sectionnement que l'on emploie d'ordinaire pour faciliter la localisation des défauts ont été supprimées, l'expérience ayant montré que ces organes sont plus préjudiciables qu'utiles.

Chaque sous-station est divisée en deux parties séparées par une porte de fer. Dans l'une se trouve le transformateur, dans l'autre la commutatrice.

La batterie d'accumulateurs est composée d'éléments Tudor pouvant débiter pendant 4 heures 200 ampères sous 500 volts.

CORRESPONDANCE

Asservissement électrique.

Monsieur Hospitalier, Rédacteur en Chef du journal *L'Industrie électrique.*

Veuillez me permettre de répondre à la lettre que vous ont adressée MM. Sautter, Harlé et Cie, qui contient certaines appréciations que je ne saurais accepter.

Il ne s'agit nullement pour moi de venir discuter sur la part intellectuelle que la Maison Sautter aurait pu me reconnaître dans l'invention que j'ai décrite, mais je ne saurais laisser croire, comme elle m'en prête l'intention, que je veuille me substituer *à aucun titre* à l'inventeur légal. Il me parait qu'en indiquant que j'avais travaillé *pour le compte d'une Maison*, il y a une autre interprétation possible de mes intentions plus conforme à la logique de celles-ci.

Quant au rôle de collaborateur intelligent qui m'est attribué, je ne saurais m'en prévaloir sans établir entre ses collaborateurs une distinction regrettable qui n'était certainement pas non plus dans l'intention de la Maison Sautter. Le fait de n'avoir pas nommé la Maison Sautter, Harlé et Cie, constitue, je crois, le grief le plus sérieux ; je pense que nos deux lettres ont réparé cet oubli et lui ont donné satisfaction.

Veuillez agréer, etc. É. Ducros.



ACCÉLÉROMÈTRE ÉLECTRIQUE

DE M. R. B. OWENS

Si les indicateurs de vitesse ou tachymètres sont aujourd'hui légion, il n'en est pas de même des accéléromètres, ou appareils indiquant par une lecture directe sur un cadran gradué, l'accélération positive ou négative d'un système en mouvement varié; on peut même dire qu'il n'en existait pas un seul de pratique jusqu'à ce jour. Cette lacune est aujourd'hui comblée, grâce à une idée aussi simple qu'ingénieuse réalisée par M. R. B. Owens, professeur d'électrotechnique à l'Université de Mc Gill, et qu'il vient de présenter à la *Canadian Society of Electrical Engineers*

Voici le principe sur lequel l'appareil est fondé. On sait que la f. é. m. d'une machine magnéto-électrique est proportionnelle à sa vitesse angulaire entre de très grandes limites, et l'on a réalisé depuis près de vingt ans un grand nombre de tachymètres basés sur ce principe en utilisant un voltmètre comme indicateur. Il suffit de choisir convenablement le voltmètre et de régler la résistance intercalée dans le circuit du voltmètre et de la magnéto pour régler l'appareil et lire directement la vitesse angulaire en unités adéquates. Jusqu'ici, rien de nouveau. Mais si l'on remarque que, pendant une période de variation de vitesse, variation que nous supposons uniforme pour simplifier le raisonnement, le courant croît ou décroît proportionnellement à la vitesse, le problème sera résolu si l'on parvient à mesurer cet accroissement.

C'est ce que fait très simplement M. R. B. Owens en utilisant un petit transformateur dont le primaire est intercalé dans le circuit de la magnéto et dont le secondaire est relié à un voltmètre à courant continu dont le zéro occupe le milieu de l'échelle.

Tant que la vitesse est constante, le courant l'est aussi, et le secondaire du transformateur n'est traversé par aucun courant : le voltmètre reste au zéro. Si le courant varie, la f. é. m. induite dans le secondaire est à chaque instant proportionnelle à la variation, et est indiquée sur le second voltmètre *avec son sens*. Il suffit de choisir convenablement le rapport de transformation et le voltmètre pour lire directement la valeur de l'accélération exprimée en unités choisies, le réglage se faisant par l'introduction de résistances dans le circuit de ce second voltmètre.

Le transformateur doit être établi dans des conditions spéciales pour donner des indications proportionnelles. Sa courbe de saturation doit être aussi droite que possible, et son rapport de transformation élevé, car le courant induit dans le circuit secondaire est de faible intensité et doit être lu sur un voltmètre sensible.

La graduation de l'accéléromètre se fait facilement en actionnant la magnéto par un moteur électrique à excitation séparée et constante, et dont l'induit — à faible moment d'inertie — est alimenté par une différence de potentiel que l'on fait croître linéairement en fonction du temps. On a ainsi tous les éléments nécessaires pour déterminer l'accélération.

On a donc réalisé ainsi un appareil très simple qui permet de lire à distance, sur deux cadrans gradués, la vitesse angulaire et l'accélération angulaire d'un système et, appliqué à un véhicule, sa vitesse et son accélération.

Le problème d'un accéléromètre à lecture directe présente, à notre avis, un intérêt de premier ordre au point de vue de la locomotion en général, et de la locomotion automobile en particulier. Grâce à son emploi qui ne tardera pas à se répandre, tout au moins dans le monde des ingénieurs et des constructeurs, il sera facile de déterminer exactement, en chiffres connus, la valeur de l'accélération d'un véhicule et celle que le public et les suspensions peuvent supporter sans protester avec trop de violence.

En ce qui concerne le freinage, l'accéléromètre permettra de régler le couple résistant en fonction de l'état de la voie, des routes et des roues, de façon à éviter le calage si néfaste à l'arrêt lui-même, ainsi qu'à la conservation des bandages et des pneumatiques.

L'accéléromètre indiquera en effet, à chaque instant, l'accélération négative, et on pourra tracer à l'avance sur la graduation de l'appareil, les valeurs qu'elle ne doit pas dépasser et celles qu'elle peut atteindre sans danger. On pourra donc régler *scientifiquement*, en quelque sorte, les organes de freinage de façon à leur donner le maximum d'efficacité, tout en restant dans les limites imposées par la sûreté de fonctionnement. En matière de course, où la consommation ne joue qu'un rôle secondaire, l'emploi d'un accéléromètre sur une voiture permettrait de régler avec précision les ralentissements imposés par la nature du terrain et de ne ralentir qu'au moment opportun avec l'accélération aussi élevée que possible, mais en évitant tout ripage dont on connait les effets désastreux.

Une application de l'accéléromètre d'un intérêt plus immédiat pour les électriciens est celle que l'on peut en faire à la détermination des pertes d'une dynamo ou d'un moteur par les méthodes dites d'accélération, d'amortissement ou chronométriques.

Un appareil sur lequel l'accélération se lit directement et qui en donne les valeurs à différentes allures rendra de précieux services pour l'étude directe des résistances passives des organes en mouvement et contribuera à fixer avec précision les chiffres d'expériences sur la résistance de l'air, les frottements des roulements et des engrenages, etc.

A ce point de vue spécial, l'invention de M. le docteur R. B. Owens, dont l'élégance égale la simplicité, est une heureuse acquisition technique dont l'application constituera un nouveau service rendu à la mécanique par l'électricité.

On n'en est plus, d'ailleurs, à les compter. É. H.

MOTEURS DE TRACTION A COURANT CONTINU
A 1500 VOLTS

L'essor inattendu pris par la traction à courant alternatif simple ne va pas parfois sans une opposition raisonnée, dans certains cas justifiée.

A New-York notamment, la récente décision prise par l'Administration du « New York, New Haven and Hartford Railroad » (¹) a fait l'objet, de la part de l'ingénieur bien connu, M. Frank Sprague, d'un examen critique, qui ne tend à rien moins qu'à la représenter comme très néfaste.

Des États-Unis encore nous vient, par l'*Electrical World and Engineer*, l'appréciation suivante des avantages comparés des moteurs à courant continu et alternatif et du champ d'applications de chacun :

« Certainement, écrit M. R. B. Tenney (*E. W. E.* du 4 novembre 1905), nos meilleurs ingénieurs reconnaîtront que le courant alternatif simple ne doit avoir qu'un emploi dans l'état actuel de son développement : celui des lignes de longueur modérée et d'arrêts plutôt rares.

« Bien qu'on puisse trouver quelques lignes à courant alternatif simple en fonctionnement « satisfaisant » depuis quelques mois, je doute que tous les intéressés soient unanimes à les considérer comme entièrement satisfaisantes. *Il me semble que si on prêtait aux moteurs série à courant continu la même attention et les mêmes soins qu'on prête aux moteurs série à courant alternatif, on obtiendrait de bien meilleurs résultats. Il suffirait d'apporter des modifications secondaires à nos équipements actuels pour arriver à faire fonctionner chaque moteur sous courant continu à 1250 volts, ou en reliant les 4 moteurs en série, avec un isolement approprié des moteurs utilisant une tension de 5000 volts.* Ces conditions de fonctionnement ne changeraient pas la commutation, et on pourrait s'en tenir, pour les équipements de voitures, à la forme actuelle, dont on a reconnu la sécurité et le bon rendement.

« Il serait facile, par un enroulement spécial des conducteurs, de maintenir la demi-vitesse sous une tension réduite dans les villes, tout en conservant encore un rendement élevé.

« L'apparition de la turbine à vapeur doit nous faire prévoir encore un plus grand développement dans l'emploi de la traction à courant continu, *et on peut prédire avec certitude l'avènement d'un moteur série à courant continu de 1100 volts ou plus, ayant une commutation meilleure que celle des moteurs série à courant alternatif simple à basse tension.* »

Il semble bien que le vœu de cet ingénieur soit en train de se réaliser sans qu'il s'en doute, car on signale en Suisse les essais intéressants d'un moteur construit par la maison J. H. Rieter et Cᵒ de Winterthur, suivant les principes indiqués, et pouvant supporter de 1500 à 1700 volts.

Les constructeurs auraient, au dire de témoins autorisés, complètement surmonté les difficultés inhérentes à la bonne commutation et au bon isolement.

Les données générales de l'application sont les suivantes :

La ligne suisse à desservir relie Bellinzona et Mesocco, et la tension employée atteint 1500 à 1600 volts. Chaque voiture motrice comporte 4 moteurs à 1500 volts pouvant remorquer, à la vitesse de 20 km à l'heure, une charge maxima de 60 tonnes, sur une rampe de 6 pour 100.

La ligne est à voie de 1 m, faible gabarit qui rend encore plus difficile la construction des moteurs de puissance appréciable sous une tension aussi élevée.

L'empattement est de 1,80 m seulement, ce qui ajoute encore à la difficulté.

Le diamètre des roues est de 840 mm.

La puissance du moteur pour une heure de fonctionnement continu est de 55 kw.

Le nombre de tours par minute : 430.

Le poids : 1750 kg (y compris le carter d'engrenages).

L'isolement exceptionnel réduit naturellement de manière appréciable l'espace disponible à la périphérie de l'induit : on a donc groupé dans les encoches de l'induit un nombre de conducteurs relativement considérable, et qui rend la commutation plus difficile, non seulement en raison de la plus grande induction mutuelle des conducteurs, ou self-induction de l'induit, mais encore en raison du décalage des bobines voisines dans la même encoche, et devant subir en même temps la commutation sous le même champ extérieur. On a obtenu une bonne commutation, sans le concours de pôles auxiliaires, en s'assurant une zone neutre de grande étendue, et en faisant l'arc polaire égal à 67 pour 100 du pas polaire. On a aussi employé une haute induction magnétique, particulièrement dans les dents de l'induit, et par une construction appropriée des bobines inductrices on a rendu le champ auxiliaire insensible aux réactions d'induit. Pour cela les bobines inductrices sont cintrées à chaque extrémité et ramenées tout près de la périphérie de la zone neutre, de sorte qu'elles produisent, par leur voisinage avec l'induit, une sorte de compensation de la réaction de l'induit.

L'isolement a fait l'objet de soins particuliers et d'essais extrêmement sévères, puisqu'on a appliqué entre la carcasse et les enroulements jusqu'à 6000 à 7000 volts. Les dimensions principales du moteur sont les suivantes :

Diamètre de l'induit, en cm	44
Longueur de l'induit, en cm	22
Ventilation assurée par un espace d'air de 10 mm ménagé entre les tôles.	
Nombre d'encoches	55
Nombre de conducteurs de l'induit	265
Diamètre du collecteur, en cm	36
Longueur utile du collecteur, en cm	9
Résistance du moteur à la température de 70° C, en ohms	2,65

Les essais ont été poussés jusqu'à 66 kw et on

(¹) Voy. *L'Industrie électrique*, nᵒ 331, du 10 octobre 1905, p. 435.



aurait constaté l'excellente commutation jusqu'à cette puissance, pour laquelle il se produit de petites étincelles.

Si pour la pleine puissance du moteur on shunte les inducteurs de manière à en dériver 18 pour 100 du courant, on accélère le moteur sans manifestation d'étincelles, et comme il a été constaté qu'on peut établir et supprimer cette dérivation nombre de fois sans étincelles, on a décidé de l'employer comme moyen de réglage sur la ligne de Bellinzona. L'accroissement de vitesse résultant de l'établissement de cette dérivation est de 12 pour 100. La tension, à la puissance de 66 kw, a été poussée jusqu'à 1700 volts. Tous les essais font croire qu'on pourrait sans danger fonctionner de 1800 à 2000 volts. Pour donner une idée de la puissance du moteur dont nous venons de donner les constantes, indiquons qu'après avoir développé 55 kw pendant une heure il atteint comme maximum d'échauffement :

Dans le fer induit	72°,5
Dans les bobines inductrices	62°,5
Dans le collecteur.	41°,5

Nous nous sommes borné à reproduire des renseignements qui sont du plus grand intérêt, mais qui prendront leur véritable valeur après une exploitation prolongée : les initiateurs de ce système la font envisager comme très prochaine, et nous ne manquerons pas de le suivre avec attention. P. L.

CABESTANS ÉLECTRIQUES

DE LA SOCIÉTÉ « L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE »

La rapidité actuellement demandée pour le transport des marchandises et le prix élevé de la main-d'œuvre ont amené en ces dernières années les industries et les compagnies de chemins de fer, à rechercher quels avantages elles pourraient trouver dans l'application des moteurs électriques à la commande des divers appareils de levage et de manutention : ponts roulants, grues, treuils, cabestans, plaques tournantes, etc. Les constructeurs comprenant d'autre part qu'il y avait là un débouché nouveau, se sont empressés de mettre à l'étude les différents problèmes nés des nouveaux besoins. C'est ainsi que les études des uns, les expériences des autres, ont contribué à doter l'exploitation de nombreux engins qui permettent aujourd'hui des manutentions et des transports rapides à des prix réduits.

Les premières recherches ont conduit rapidement à l'établissement des ponts roulants, grues et treuils que nous connaissons. Par contre, les cabestans, plaques tournantes, etc. n'ont fait leur apparition que longtemps après; car bien souvent l'application et l'extension de ces appareils ont été entravées par l'absence d'énergie électrique disponible, ou par son coût trop élevé.

Dans bien des cas aussi, la vapeur et l'eau sous pression sont venues concurrencer l'électricité. Aujourd'hui on ne peut nier quels avantages offre l'utilisation de cette dernière forme de l'énergie sur les premières; nous n'en voulons pour preuve que l'exemple du port d'Anvers le long de l'Escaut, substituant par simple raison d'économie les cabestans électriques aux cabestans hydrauliques primitivement installés.

La dépense pour ces cabestans hydrauliques était d'environ 20 fr par cabestan et par jour; par l'emploi des cabestans électriques, elle est descendue à 2 fr pour le même travail, l'énergie étant vendue à raison de 0,30 fr par kw-h. Comme entretien, la ville d'Anvers comptait 1000 fr par an et par cabestan hydraulique, tandis qu'avec le type électrique cet entretien a été ramené à 300 fr par an, par appareil et pour le même travail donné. Ces chiffres se rapportent aux premiers cabestans mis en service; depuis, de nombreux perfectionnements permettent de garantir une consommation et un entretien encore moins élevés.

Les résultats obtenus par la ville d'Anvers ont décidé de l'avenir des cabestans électriques. Aujourd'hui toutes les grandes industries, charbonnages et grandes compagnies de chemins de fer tendent à généraliser l'emploi de ces appareils.

Les locomotives de manœuvre semblent définitivement condamnées. Il n'est pas souvent facile, en effet, d'utiliser avec avantage ces locomotives sur les voies de chemins de fer, ou sur les quais des ports. Ce mode de traction revient, en outre, très cher et exige que les chaudières utilisées soient continuellement en pression. L'emploi des chevaux est aussi très onéreux, peu rapide et insuffisant pour remorquer plus de 3 ou 4 wagons vides. Le cabestan résout élégamment et économiquement cette question de manutention et ne demande qu'un seul homme pour la manœuvre. Ce même raisonnement subsiste qu'il s'agisse de la traction des bateaux ou de toute autre application.

Dans la construction, on a cherché à réduire le plus possible l'encombrement, car ces appareils doivent être le plus souvent placés soit le long d'un quai, dans un chantier ou entre deux voies de chemins de fer. Tout le mécanisme est monté dans une cuve en fonte, cette cuve est complètement enfouie dans le sol et ne porte en saillie que la poupée de manœuvre.

Il n'est généralement pas prévu de fondations spéciales pour les cabestans, et ce n'est que dans les mauvais terrains qu'il y a lieu d'établir un bâti et de sceller la cuve. L'entrée des câbles se fait par une boîte de jonction spéciale fixée à la cuve.

Ces appareils doivent être de construction robuste, bien étanches pour éviter toute infiltration d'eau, toute pénétration de poussières et munis d'un couvercle suffisamment solide pour supporter au besoin le poids d'un véhicule passant au pied de la poupée. La visite et l'entretien doivent pouvoir être assurés par un seul homme qui

Projet pour la distribution de l'énergie électrique au nord du pays de Galles. — Dans un dîner récemment donné par MM. Bruce Peebles, en l'honneur de la fin prochaine des travaux de leur projet pour la transmission de l'électricité au nord du pays de Galles, M. Pickstone a donné une courte description de cette entreprise :

48 km de lignes de transmission ont été posées en cinq mois, et beaucoup en des endroits presque inaccessibles. Le projet est unique en son genre, parce que c'est le premier projet hydraulico-électrique fait dans ce pays avec transmission par conducteurs nus aériens. Du courant alternatif triphasé est produit par des alternateurs directement actionnés par des roues de Pelton. La chute présente une hauteur de 330 m; elle est captée par une canalisation de 2 km de longueur en tubes cylindriques de 75 cm de diamètre. Chacune des 4 machines déjà installées développe 1500 kv-a, et cette puissance sera utilisée principalement dans les carrières d'ardoises disséminées dans un rayon de 24 km.

Cette usine fournira aussi du courant au chemin de fer de North Wales à voie étroite et à ses ramifications, dont toutes ont été exécutées par MM. Bruce Peebles.

Lorsque la ligne sera finie et actionnée électriquement, elle aura une longueur de 48 km avec neuf stations de transformation, la tension étant ramenée à 600 volts.

Nouveau projet pour la transmission de l'électricité dans Londres. — Ce projet, qui a été suivi avec beaucoup d'intérêt dans le monde électrique, prévoit la production de l'énergie électrique dans un endroit convenable en dehors de Londres, dans les conditions les plus économiques qu'on puisse trouver, et sa transmission à Londres à haute tension, en suivant une route particulière; elle suivra également les chemins de fer et les canaux.

On verra que par ce moyen il sera possible d'éclairer chaque quartier de Londres sans craindre aucune interruption de la circulation dans les rues, ou même sans avoir besoin de l'autorisation des autorités locales.

Les considérations qui ont guidé les promoteurs sont, en peu de mots, les suivantes :

On part de ce principe, qu'il y a une consommation sans limite d'énergie électrique à Londres. On n'en a pas en effet seulement besoin pour l'éclairage ou la force motrice chez les particuliers, mais les Compagnies de chemins de fer, qui ont en vue l'adoption de la traction électrique pour leurs services de banlieue, ne veulent pas construire des stations de production coûteuses pour elles-mêmes, et, suivant l'exemple du chemin de fer du North Eastern, elles seraient trop heureuses d'acheter l'énergie à une source indépendante. A cause du prix élevé des terrains, des salaires, des impôts dans la ville de Londres, l'installation de grandes stations centrales au centre de la ville même est impossible. Même sur les bords de la Tamise, un endroit convenable serait trop cher, et le coût du charbon également.

D'un autre côté, la transmission de l'énergie électrique à partir des mines de charbon, originalement suggérée par M. Thwaite, serait trop coûteuse, vu la distance. Il fallait donc trouver une solution intermédiaire, permettant d'obtenir le charbon et l'eau à un coût le moins élevé possible, tandis que les frais de transmission ne seraient pas trop grands. On a estimé qu'en balançant le coût du transport du charbon et celui de l'amortissement capital engagé dans la ligne de transmission, on pourrait obtenir le minimum de dépense annuelle dans un rayon compris entre 60 à 75 km de Londres, et après des recherches très soigneuses, on a trouvé un terrain convenable près de Saint-Nests. Les conditions trouvées à cet endroit ne furent pas seulement favorables quant à l'eau et au charbon, mais le chemin de fer du Great Northern, qui a regardé le projet avec intérêt, possède lui-même un grand terrain à cet endroit, qu'on pourrait acheter à un prix très bas, en lui laissant le droit de passage de Stevenage à Enfield.

Saint-Nests est situé à 82 km de Londres, Stevenage à 54 km, et Enfield à 15 km. Les usines de charbon les plus proches se trouvent entre 64 km et 120 km de Saint-Nests, de sorte que le chemin de fer peut tirer profit du transport du charbon; néanmoins, les promoteurs comptent sur la livraison du charbon dans leurs soutes à un prix de 8,40 fr par tonne, ou même moins. Pour obtenir ce résultat remarquable, il a fallu adopter des moyens spéciaux : d'abord amener le charbon dans de grands wagons à bogie et le manutentionner par des machines. Il est raisonnable de penser que le chemin de fer profitera de plusieurs manières de ce projet. Les manufacturiers désireront en effet obtenir la location de terrains pour leurs usines près de la station ou le long de la ligne de transmission. Puis il est bien probable que le Great Northern aura besoin de l'énergie électrique pour organiser la traction électrique sur ses trains de banlieue, et d'autres chemins de fer prendront aussi de l'électricité.

On s'attend également à ce que les conseils municipaux de Londres et les compagnies d'électricité existantes soient au nombre des consommateurs. Les moyens adoptés pour fournir cette distribution seront les suivants :

On adoptera probablement des turbines à vapeur pour l'installation de la station centrale; cette dernière station aura pour commencer une puissance de 60 000 kw, pouvant fournir une surcharge de 90 000 kw. On produira tout d'abord l'énergie à la tension de 20 000 volts. Les lignes seront posées le long du chemin de fer jusqu'à Enfield, où on construira une sous-station de transformation. De là, on emploiera des câbles souterrains à 20 000 volts placés ou le long de la voie, ou sous le chemin de halage, le long des canaux.

Au point de vue financier, on dit que le coût de production de l'énergie n'excédera pas 1,25 centimes par kw. En supposant un facteur de charge de 35 pour 100, on pourra vendre, dans ces conditions, l'énergie aux consommateurs pour 5 centimes par kw-h, en y comprenant les frais d'amortissement et la réserve, ainsi qu'un divi-

trouve donc souvent amené à caler le moteur, soit en essayant de remorquer une rame de wagons trop lourde, soit encore lorsque l'angle α, voisin de 90°, donne lieu à une composante $F \sin \alpha$ qui ne peut être vaincue par le cabestan. Pour reculer le plus possible ces points limites, on a fait usage d'une double poupée, l'une ayant un diamètre de gorge plus petit que l'autre. Cette disposition permet souvent le démarrage lorsque le bloquage a été obtenu avec la première poupée.

Il y a lieu de remarquer que le travail des cabestans comporte en général trois périodes différentes : le démarrage, l'accélération et l'arrêt. Les questions de démarrage et d'accélération sont très importantes, car généralement, il s'agit de lancer une rame de wagons dans un espace très réduit. On se trouve donc en présence d'un temps très court pour la période d'accélération; de là, la nécessité de prévoir les moteurs avec un couple de démarrage très élevé. Les moteurs courant continu destinés à ces appareils doivent être en tous points semblables aux moteurs de tramways. Ils doivent être calculés avec excitation série permettant d'obtenir un couple maximum au démarrage et une vitesse sensiblement proportionnelle à la charge. Dans le choix de ces moteurs, il y a lieu de tenir compte de ce qu'ils marchent par intermittence et pendant des temps très courts. On peut admettre, à l'exemple des moteurs de tramways, que ceux-ci devront supporter leur pleine charge pendant une heure sans que l'élévation de température ne dépasse 75° C au-dessus de la température ambiante.

En général, on ne prévoit pas de freins sur ce genre d'appareil, le freinage se faisant directement sur les véhicules en mouvement. L'arrêt de la manœuvre s'effectue simplement en cessant d'exercer la tension sur le brin mou du câble s'échappant de la poupée.

D'après ce qui précède on peut comprendre que l'étude approfondie des cabestans est de toute actualité et de nature à intéresser les industriels et les compagnies pouvant en faire usage. Nous décrirons à titre d'exemple sur cette question générale, les cabestans construits dans les ateliers de la Société l'*Éclairage électrique* à Paris.

Nous pouvons classer les types de cabestans en trois catégories :

1° Ceux à action directe, c'est-à-dire avec moteur directement calé sur l'arbre de la poupée motrice.

2° Ceux commandés par engrenages.

3° Ceux commandés par vis sans fin.

Nous étudierons maintenant ces différents types, en indiquant pour chacun ses avantages et ses inconvénients. Nous terminerons enfin par l'exposé des résultats d'essais obtenus sur le cabestan en service dont nous avons parlé.

1° *Cabestans à action directe.* — Dans cette première catégorie l'emploi du courant alternatif rend pratiquement impossible la construction du cabestan. En effet, la plus faible fréquence employée est généralement de 25 périodes par seconde. Or, avec la vitesse imposée, 100 t:m à vide, le moteur, qui doit avoir une puissance approximative de 3 kilowatts, devrait être prévu avec 30 pôles. La construction d'un tel moteur est pratiquement impossible; elle l'est *a fortiori*, lorsqu'il s'agit d'une fréquence s'élevant à 40 ou 50 périodes par seconde. Nous verrons plus loin que cet inconvénient n'existe pas dans les deux autres catégories de cabestans. Dans le cas présent, l'emploi du courant continu est donc seul possible.

La figure 2 représente la disposition adoptée par la Société l'*Éclairage électrique*. L'induit du moteur série

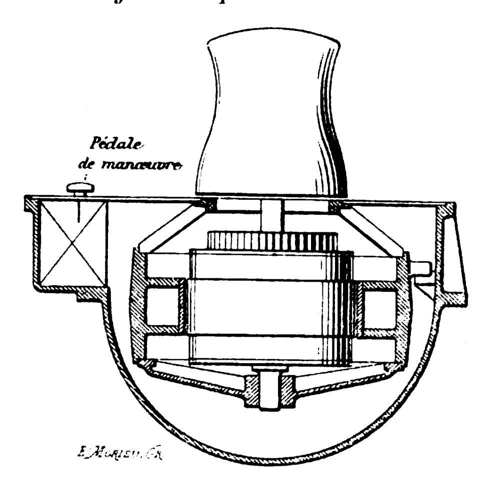


Fig. 2. — Cabestan à action directe.

est directement monté sur l'arbre vertical de la poupée, le collecteur étant immédiatement sous cette dernière. La carcasse et les inducteurs du moteur sont supportés par la cuve et par des pattes venues de fonte avec la carcasse. Les paliers sont à billes et portent des bras permettant facilement la visite du collecteur et des balais. Ces paliers travaillent dans d'excellentes conditions, vu la faible charge sur les billes et la faible vitesse du cabestan. Le graissage se fait par des graisseurs à pression placés à l'intérieur de la poupée; à cet effet, l'arbre est prévu creux et un chapeau démontable termine la partie supérieure de cette poupée. La pédale à pression permet de manœuvrer un appareil de démarrage convenablement approprié. Un seul homme peut assurer la visite et l'entretien du cabestan, tous les organes étant bien accessibles et facilement démontables.

Au point de vue électrique ces appareils peuvent être construits pour une tension quelconque allant jusqu'à 600 volts. L'appareil de démarrage à soufflage magnétique est spécialement étudié, car l'expérience montre que ce dernier appareil demande plus de soins que le moteur lui-même; il commande des résistances intercalées dans le circuit au moment de la mise en route.

Dans ce genre de cabestan, le bloquage peut se faire sans inconvénient, la surface de refroidissement pour le moteur étant relativement considérable et sa résistance propre suffisante. Ce temps de bloquage est une donnée principale pour le cabestan; nous verrons qu'il est un facteur important dans le rendement total de l'appareil.

Les avantages de ces premiers types sont les suivants :

cuivre ordinaire. A sa température d'ébullition, le cuivre dissout le graphite et l'abandonne plus ou moins cristallisé par refroidissement.

Recherche de la pureté des électrolytes. Fixation d'une limite supérieure au degré d'hydrolyse des dissolutions salines concentrées par l'emploi des chaînes liquides symétriques présentant une surface fraîche de contact. — Note de M. M. CHANOZ, présentée par M. d'Arsonval. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Sur la différence de potentiel sous laquelle sont produits les rayons cathodiques. — Note de M. JEAN MALASSEZ, présentée par M. Lippmann. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 4 décembre 1905.

Inertie des électrons. — Note de M. MARCEL BRILLOUIN, présentée par M. H. Poincaré. (*Extrait*). — M. Max Abraham a été conduit à définir, dans son beau Mémoire sur la dynamique de l'électron, deux coefficients d'inertie, qu'il a appelés *masse longitudinale* et *masse transversale*. J'ai montré dans mes Leçons du Collège de France, en avril dernier, qu'un électron de forme quelconque, non sphérique, possède 5 coefficients d'inertie distincts, définis très simplement au moyen du potentiel électrocinétique de l'électron.

Sur certaines expériences relatives à l'ionisation de l'atmosphère, exécutées en Algérie à l'occasion de l'éclipse totale du 30 août 1905. — Note de M. CHARLES NORDMANN, présentée par M. Lœwy. (Voy. les *Comptes rendus.*)

Séance du 11 décembre 1905.

Sur la distillation de l'or, des alliages d'or et de cuivre, d'or et d'étain et sur une nouvelle préparation du pourpre de Cassius. — Note de M. HENRI MOISSAN. (*Extrait.*) — Pendant longtemps, l'or a été regardé comme un métal difficilement volatil que l'on ne pouvait amener à l'état de vapeur que sous l'action de l'étincelle d'une forte batterie électrique. Cependant Robert Harc, en 1802, avait volatilisé une petite quantité d'or au moyen du chalumeau à oxygène et à hydrogène.

En 1893, nous avons démontré que l'or entrait en ébullition avec rapidité au four électrique et qu'il était facile de distiller 40 g d'or en l'espace de quelques minutes (¹). Depuis nos premières expériences, Schuller (²), puis Krafft et Bergfeld (¹) ont établi que, dans le vide, l'or, enfermé dans un tube de quartz fondu, commence à se volatiliser vers 1070°.

Distillation de l'or. — Nos expériences ont été faites avec le dispositif décrit dans nos précédentes recherches sur la distillation du cuivre. Nous avons chauffé, dans un creuset, 150 g d'or pur pendant 5 minutes 30 secondes, avec un courant de 500 ampères sous 110 volts, et nous avons distillé ainsi 10 g de métal.

Dans une deuxième expérience, faite avec le même poids de métal et la même intensité de courant, mais dans laquelle la durée de l'expérience était de 6 minutes 30 secondes, nous avons distillé 20 g de métal.

L'or qui restait dans le creuset après refroidissement ne renfermait pas de calcium; il titrait 99,98 d'or. Sa surface extérieure présentait quelques cavités provenant des bulles gazeuses qui se dégagent au moment de la solidification. Cette surface métallique était recouverte, sur certaines de ses parties, d'un voile noir formé de cristaux de graphite enchevêtrés. Les géodes présentaient une cristallisation confuse de l'or sous forme d'arborescences se coupant à angles droits. Tout autour du creuset, se trouvaient de petites gouttelettes métalliques jaunes provenant de la condensation des vapeurs du métal. La chaux fondue, qui était voisine du creuset, était colorée en jaune très pâle, mais ne renfermait que des traces d'or; il en est de même des cristaux de chaux qui se forment à une certaine distance. L'or distille avant le point d'ébullition de la chaux. C'est ainsi qu'un fragment de chaux fondue, voisin du creuset, est presque blanc, à peine teinté de jaune, tandis que la chaux frittée, qui se trouve près des électrodes et sur laquelle de très petits globules d'or se sont déposés, est plus colorée.

Sur le couvercle du four, ainsi que sur les électrodes, on rencontre une grande quantité de gouttelettes d'or. Lorsque ces gouttes métalliques sont un peu éloignées du creuset et se trouvent sur la chaux du four, elles sont entourées d'une auréole rouge qui se dégrade en une belle teinte d'un pourpre foncé.

Le tube de cuivre traversé par un courant d'eau froide, qui est disposé au-dessus du creuset, est recouvert d'un feutrage jaune foncé à reflets pourpres. Examiné à la loupe, il est formé de légères ramifications jaunes et brillantes rappelant l'aspect du cuivre que nous avons décrit dans une Note précédente.

Parfois on recueille de l'or filiforme, variété qui a déjà été obtenue par Margottet (²), par Liversidge (³) et que notre confrère M. Ditte (⁴) a préparée en dessous du point de fusion de l'or, en chauffant une lame de ce métal avec

---

(¹) H. Moissan, Étude de quelques phénomènes nouveaux de fusion et de volatilisation produits au moyen de la chaleur de l'arc électrique. *Comptes rendus*, t. CXVI, 1893, p. 1429.

(²) Schuller, Distillationen in luftleeren Quarzgefässen. *Z. anorg. Chem.*, t. XXXVII, 1903, p. 69.

(¹) Krafft et Bergfeld, Ueber tiefste Verdampfungstemperaturen von Metallen im Vacuum des Kathodenlichts. *Ber. chem. Gesell.*, t. XXXVIII, 1905, p. 254.

(²) Margottet, Recherches sur les sulfures, séléniures et tellurures métalliques. *Ann. Ecole Normale*, 2ᵉ série, t. VIII, 1879, p. 247.

(³) Liversidge, On the origin of moss gold. *R. Society of N. S. Wales*, 6 septembre 1893.

(⁴) Ditte, Sur la cristallisation de l'or. *Comptes rendus*, t. CXXXI, 1900, p. 143.

un mélange de chlorure et de pyrosulfate de sodium. La hauteur de ces filaments varie avec l'épaisseur de la couche d'or condensée sur le tube froid. On rencontre aussi, dans les parties les plus voisines de ce tube froid, de très petits cristaux jaunes brillants et d'apparence cubique. Cet or est accompagné d'une petite quantité de chaux distillée et de graphite.

Ce mélange, débarrassé de la chaux par un traitement à l'acide acétique étendu, renferme de l'or tellement divisé que cette poussière reste en suspension dans l'eau en lui donnant, par transparence, une coloration verte.

Enfin, en recueillant la vapeur d'or condensée sur une cloche en verre mince, nous avons obtenu un dépôt d'une belle couleur pourpre formé d'un mélange de chaux et d'or distillé.

Ces expériences de la distillation de l'or ont été répétées dans un tube de charbon en plaçant le métal dans une nacelle de graphite. De même que dans l'expérience précédente, on voit nettement le métal fondre sous l'action de l'arc électrique, puis après 1 minute 30 secondes entrer en ébullition. La vapeur qui s'élève de la nacelle rencontre la partie supérieure du tube qui est fortement chauffée, reste complètement transparente, puis vient se condenser dans les parties froides sous forme d'une véritable pluie de globules d'une excessive finesse. Dans une de ces expériences, en chauffant 4 minutes avec un courant de 500 ampères sous 110 volts, nous avons distillé 17 g de métal. Dans la partie condensée, au milieu d'un grand nombre de sphérules métalliques, on rencontre quelques petits cristaux d'or. Le lingot, examiné avec soin après l'expérience, était encore recouvert de ce voile noir de graphite dont nous avons parlé précédemment.

Nous pouvons conclure de nos expériences que l'or est plus difficilement volatil que le cuivre. En chauffant, en effet, dans les mêmes conditions, ces deux métaux, on voit se produire l'ébullition dans un temps beaucoup plus court pour le cuivre que pour l'or. De plus, à la température de fusion de la chaux, l'or est déjà très volatil.

Nous rappellerons que, d'après MM. Krafft et Bergfeld, la différence entre le commencement de la vaporisation et le point d'ébullition dans le vide est la même que celle qui existe entre le point d'ébullition dans lé vide et la température d'ébullition à la pression atmosphérique. Dans ces conditions, l'or, commençant à donner des vapeurs dans le vide de 1070° et bouillant dans le vide à 1800°, aurait 2530° comme point d'ébullition à 760 mm.

Les propriétés chimiques de l'or distillé sont les mêmes que celles de l'or martelé ou du métal fondu réduit en poudre fine. Son attaque, soit par l'eau régale, soit par l'eau de chlore, dépend de la ténuité de l'échantillon mis en expérience. Il en est de même de l'attaque par le fluor ou par un mélange d'acide sulfurique chaud et de permanganate de potassium. De telle sorte que l'or pulvérulent, produit par la condensation brusque de sa vapeur, ne nous a fourni aucune réaction capable d'indiquer l'existence d'une variété allotropique de ce métal.

Conclusions. — L'or distille avec facilité au four électrique; son point d'ébullition est supérieur à celui du cuivre et inférieur au point d'ébullition de la chaux. Par condensation sur un tube froid, sa vapeur produit de l'or filiforme et de petits cristaux microscopiques. Les propriétés de cet or sont les mêmes que celles de l'or en poudre.

Dans les alliages d'or et de cuivre, dans les alliages d'or et d'étain, le cuivre et l'étain distillent avant l'or. De plus, en distillant un alliage d'or et d'étain, on obtient, par voie sèche, le pourpre de Cassius. Cette préparation est générale et permet d'obtenir des pourpres avec différents oxydes tels que la silice, la zircone, la magnésie, la chaux et l'alumine.

Action d'un champ magnétique sur les rayons de Goldstein (Kanalstrahlen). — Note de M. Henri Pellat, présentée par M. Lippmann. (Voy. les *Comptes rendus*).

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 6 décembre 1905.

La séance est ouverte à $8^h\ 35^m$ sous la présidence de M. Bouty, président. Après l'expédition des affaires courantes, l'ordre du jour appelle les communications techniques, en premier lieu celle de M. Maugas, sur l'**Électricité à bord des navires de guerre**.

M. Maugas fait tout d'abord un historique de la question, il rappelle que la marine française utilise depuis plus de trente ans l'électricité à la mise à feu des torpilles, puis on a songé à l'appliquer aux projecteurs. Les premiers appareils étaient actionnés par du courant alternatif et ils marchaient fort mal. L'invention de la machine Gramme, grâce au courant continu qu'elle produisait, permit d'obtenir un meilleur fonctionnement en même temps qu'on avait une portée plus grande, due à la présence du cratère au foyer du miroir. En 1880, on a essayé la bougie de Jablochkoff, sans grand succès du reste, mais c'est surtout en 1885, lorsque apparut la lampe à incandescence que l'éclairage électrique s'est développé à bord des navires.

Le moteur électrique a fait sa première apparition sous forme de moteur de propulseur, on l'a utilisé ensuite dans les chantiers de construction. En 1891, le premier moteur est installé à bord pour actionner des ventilateurs, puis en 1892, l'artillerie à tir rapide fait appel à son tour au moteur électrique pour s'approvisionner rapidement en munitions. Enfin le service des grosses tourelles a récemment abandonné les commandes hydrauliques pour les commandes électriques.

Ce dernier problème étant le plus difficile à résoudre, on a étendu l'électricité à tous les services des navires de guerre.

Les avantages de l'électricité à bord sont de plusieurs sortes :

Éclairage. — En premier lieu, les projections ne peuvent être faites qu'électriquement; ensuite l'éclairage intérieur à incandescence est presque le seul possible parce qu'il fonctionne constamment malgré les courants d'air violents qui règnent à bord; cet éclairage est de plus économique, puisque les dynamos existent à bord pour d'autres services.

Moteurs. — Il y a à bord un grand nombre d'appareils auxiliaires et sauf pour les tourelles on employait presque toujours autrefois des moteurs à vapeur. Il est facile de voir que le tuyautage très grand que nécessitent ces moteurs rend très difficile les conditions d'habitabilité par la chaleur qu'ils dégagent. Le moteur électrique ne présente pas ces inconvénients, de plus le moteur à vapeur de faible puissance a un mauvais rendement, on a donc tout intérêt à distribuer l'énergie sous forme électrique.

Un autre avantage du moteur électrique est sa commande facile à distance; par contre quand il s'agit de manœuvrer un moteur sur place, la machine à vapeur est plus commode. Le moteur électrique a cependant rencontré des résistances dans son emploi; on lui a reproché d'être peu robuste, mais on sait qu'aujourd'hui les industriels construisent couramment des moteurs blindés qui n'offrent pas cet inconvénient. Un moteur électrique constitue un ensemble un peu compliqué, difficile à lire par le personnel; dans la machine à vapeur au contraire, où tous les organes sont visibles il est plus facile de retrouver un défaut; cependant on peut dire qu'avec le moteur électrique, une fois la cause de non-fonctionnement trouvée, la réparation peut être faite souvent sur place et par des mains quelconques.

Pour la commande des pompes à bord, le moteur électrique est tout indiqué; au contraire, lorsqu'il s'agit de provoquer des mouvements de tourelle, le moteur électrique n'est pas avantageux, car il faut des harnais d'engrenage, des vis, etc.

En somme, on trouve qu'il ne reste de commandé par le moteur à vapeur que le gouvernail, le cabestan et le hissage des embarcations. Il en résulte qu'au mouillage il n'y a de vapeur que dans quelques petits tuyautages qui n'échauffent que très peu le navire.

Forme du courant. — On a vu que l'on a remplacé dès le début le courant alternatif par le courant continu qui convenait mieux aux projecteurs. On s'est depuis demandé si l'on ne reprendrait pas le courant alternatif sous la forme de courants triphasés; on sait que l'emploi de ces courants permet la suppression des collecteurs sur les moteurs, l'emploi de hautes tensions et qu'avec eux on n'a pas à craindre l'électrolyse. Il est facile de voir que ces avantages sont illusoires à bord; en premier lieu le courant continu est plus avantageux dans les moteurs à cause des démarrages rapides qu'il permet même sous charge et du freinage et de l'arrêt instantané qu'on obtient sans dépense de courant d'alimentation; en second lieu l'état déplorable des installations à bord fait rejeter l'emploi des hautes tensions, enfin les projecteurs à courant alternatif sont inférieurs à ceux à courant continu.

Tension de la distribution. — A l'origine on a pris la tension de 70 volts, puis comme on n'avait pas assez de stabilité avec les projecteurs on a été conduit à prendre 80 volts, enfin lorsque les moteurs électriques se sont développés, on a été amené à avoir des câbles énormes, aussi pour les réduire s'est-on arrêté à une tension voisine de 120 volts.

Les installations à bord sont dans des conditions tout à fait particulières qu'on ne rencontre pas à terre; en premier lieu il y règne une température très élevée, il a donc fallu exiger des constructeurs des moteurs supportant facilement ces températures, et pour assurer le remplacement rapide d'une pièce avariée, tous les appareils doivent être pris interchangeables.

Ce court aperçu sur les installations à bord a été surtout fait par M. Maugas, pour expliquer aux industriels électriciens la cause des exigences de la marine dans ses marchés de fournitures électriques, exigences justifiées par le cas particulier dans lequel se trouvent les circuits électriques à bord. De nombreux applaudissements soulignent la communication de M. Maugas.

L'ordre du jour appelle ensuite la communication de M. Girousse, sur le **Laboratoire de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes.**

M. Girousse après avoir décrit en quelques mots l'installation de ce laboratoire, qui n'offre rien de bien particulier, décrit le procédé de M. Benoît, pour la comparaison des étalons, méthode classique aujourd'hui et sur laquelle on nous permettra de ne pas revenir.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 10h.

A. S.

BIBLIOGRAPHIE

Synchronmaschinen für Wechsel- und Drehstrom (Les Machines synchrones a courants alternatifs simples et triphasés), par Winkelmann. — *Max Jänecke*, éditeur, Hanovre, 1905. — Format : 22 × 15 cm; 148 pages. — Prix : 4,25 fr.

Entwurf von Schaltungen und Schaltapparaten (Étude des couplages et appareils de couplage), par R. Edler. — 1er volume. — *Max Jänecke*, éditeur, Hanovre, 1905. — Format : 22 × 15 cm; 192 pages. Prix : 7 fr.

Die drahtlose Telegraphie (La Télégraphie sans fil), par E. Nesper. — *J. Springer*, éditeur, Berlin, 1905. — Format : 22 × 15 cm; 157 pages. — Prix : 5,75 fr.

Nous réunissons en un seul bouquet ces trois petites fleurs de publications monographiques, de format et

d'aspect analogues, tout à l'ordre du jour en Allemagne pour le plus grand bien des petites bourses et des travailleurs désireux d'étudier plus spécialement telle ou telle matière, moins développée, naturellement, dans les traités généraux d'électrotechnique.

La première, constituant le volume IV de la petite collection des *Repetitorien* (et non *Repertorien*, comme nous l'a fait écrire une coquille dans le n° 335 de ce Journal) *der Elektrotechnik*, ou *Guides répétiteurs d'Electrotechnique*, comprend le Fonctionnement, le Calcul et la Construction des très intéressantes et discutées machines synchrones à courants alternatifs simples et triphasés.

La seconde, premier volume seulement de la publication, est un ouvrage indépendant de toute collection, dont l'importance n'échappera à personne, la question de couplage, dont il développe la théorie, jouant un rôle des plus considérables, en même temps que délicats, dans toutes les grandes exploitations électriques industrielles.

Quant à la Télégraphie sans fil, objet de la troisième, son titre suffit à attirer sur elle l'attention des spécialistes particulièrement attelés à l'étude et au développement de cette application si captivante, par son imperfection même, de la science.

Indépendamment de la valeur intrinsèque et des qualités typographiques par lesquelles se recommandent les éditions allemandes en général, et notamment en électricité, un de leurs caractères essentiellement méritoires est la documentation bibliographique qui les termine presque toutes et permet au chercheur de se reporter aisément aux sources propres à alimenter son étude.

Apprenez et cultivez l'allemand, Messieurs, c'est mon dernier conseil de cette année. E. Boistel.

Ions, Électrons, Corpuscules, Mémoires réunis et publiés par Abraham et Langevin; deux fascicules. — *Gauthier-Villars*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 250 × 165 mm; ensemble 1158 pages. — Prix : 35 fr.

Ce recueil magistral, colligé par des maîtres tels que ceux dont il porte les noms, sous le titre plus concret de « Quantités élémentaires d'Électricité », n'est pas de ceux qu'on puisse résumer, à moins d'en reproduire, dans tous ses détails, la table des matières. Mieux vaut, selon nous, se resteindre modestement à la transcription de ce qu'en disent les auteurs eux-mêmes dans leur avertissement. Ils savent mieux que personne ce qu'ils ont voulu et comment ils ont pensé le réaliser. Nous leur laissons la parole :

« La notion de structure discontinue des charges électriques domine et pénètre la plupart des découvertes récentes en Physique; cette forme nouvelle des conceptions atomistiques sert maintenant de guide à beaucoup de chercheurs. C'est pour faciliter les recherches, autant que pour préciser les caractères essentiels des idées actuelles, que la Société française de Physique a jugé utile de réunir un ensemble de travaux concernant les circonstances d'observation et les propriétés des centres électrisés, ions, électrons ou corpuscules.

« Dans notre pensée, cette collection de Mémoires doit être surtout un Livre de références qui mette sous la main des physiciens de langue française un certain nombre de travaux utiles à consulter. Nous avons classé les Mémoires par ordre alphabétique de noms d'auteurs et par ordre chronologique pour chaque auteur. On peut donc l'ouvrir comme un Dictionnaire. Pour faciliter la lecture de ce Recueil aux physiciens désireux de faire connaissance avec l'ensemble des questions liées à notre sujet, nous avons formé un Tableau synoptique placé à la fin de cet Avertissement et où sont indiqués les Mémoires relatifs à chaque division du sujet. Étant donnée l'impossibilité de classer en série linéaire des Mémoires d'inspirations si diverses, nous n'avons pas craint, dans ce Tableau, de citer un même travail à plusieurs reprises. L'ordre dans lequel sont cités les travaux sur une même question est à peu près l'ordre chronologique; mais nous n'avons nullement cherché à résoudre des questions de priorité. La lecture de ce Tableau fera saisir les grandes lignes de notre plan. »

On ne peut que se féliciter de cette nouvelle contribution à la « Collection de Mémoires relatifs à la Physique » entreprise, avec tant de succès déjà, par les soins de la Société de Physique et s'incliner devant le choix des hommes éminents auxquels, pour son honneur, elle confie de semblables tâches. Il en rejaillit sur notre littérature et nos publications scientifiques un lustre tout à la gloire de notre pays si avili par d'autres côtés.

Quant à dénommer « fascicules » deux volumes de l'importance de ceux-ci (512 et 626 pages), c'est affaire de convention; nous n'avons pas à la critiquer, rien dans le sujet n'indiquant une séparation marquée entre un premier et un second volume.

Louerons-nous, en terminant, la netteté et la clarté du texte et de la mise en pages? Ce serait faire double emploi avec l'indication des presses de la maison Gauthier-Villars. Nous nous en abstiendrons. E. Boistel.

La Théorie moderne des phénomènes physiques, Radioactivité, Ions, Électrons, par A. Righi; traduction *libre* par E. Néculcéa. — Journal *L'Éclairage électrique*, éditeur, Paris, 1905. — Format : 225 × 145 mm; 127 pages. — Prix : 3 fr.

Les ouvrages sont comme les jours : ils se suivent sans se ressembler; telle est l'impression qui se dégage de la succession non cherchée des deux présentes bibliographies. Quel est d'ailleurs celui qui a précédé l'autre? La question « 2e édition » du fascicule de M. Righi, sur laquelle a été faite la traduction actuelle, ne laisserait aucun doute à cet égard, si l'addition de « libre » à la

désignation de la traduction de M. Néculcéa ne donnait à cette œuvre, vu la valeur de l'auteur français, un renouveau à noter. En tout cas, la question est oiseuse, le grand ouvrage précédent n'ayant d'autre prétention que celle d'une savante et remarquable compilation.

En résumé, « cet ouvrage du professeur Righi, de l'Université de Bologne, fait partie de la collection italienne des « Attualità Scienfifiche » éditée par Zanichelli, de la même ville. C'est un exposé des découvertes récentes concernant la théorie des électrons, la radioactivité et les vues actuelles sur la constitution de la matière, exposé clair et documenté, accessible, malgré sa précision scientifique, à toute personne cultivée, capable de s'intéresser à cette question nouvelle qui tient à la fois de la science et de la philosophie.

« Traduit et annoté par M. Néculcéa, ce livre, pour lequel M. Lippmann a bien voulu écrire une savante préface, peut servir dignement d'introduction à la toute récente Collection de mémoires sur les ions, les électrons et les corpuscules, éditée par les soins de la Société française de Physique.

« Le professeur Righi a bien voulu revoir par lui-même les épreuves de cette traduction. »

Ce nous est un gage de l'absence de trahison, dont nous ne doutions pas d'ailleurs, de la part du traducteur.

E. Boistel.

Les Matières éclairantes et leur utilisation. par H. Pécheux. — *J.-B. Baillière et fils*, éditeurs, Paris, 1906. — Format : 19 × 14 cm ; 96 pages. — Prix : 1,50 fr.

Parmi les grandes divisions de sa petite Encyclopédie technologique et commerciale, figure en troisième rang « La grande industrie chimique ». C'est le second fascicule de ce groupe, dixième de toute la collection, que vient de faire paraître sous le titre ci-dessus la librairie J.-B. Baillière et fils. Les matières éclairantes étudiées comprennent les Bougies, Huiles, Pétroles, Gaz, Acétylène, Alcools, Charbon et Métaux, ces deux dernières résumant en trois pages tout ce qui est relatif à l'éclairage électrique.

Nous avons déjà eu l'occasion de signaler ici plusieurs ouvrages de ce genre ; il est bon qu'ils se renouvellent assez fréquemment, les progrès constants de la science apportant successivement à l'industrie et à l'économie domestique un grand nombre de systèmes et un plus grand nombre encore d'appareils d'éclairage

L'étude sommaire de chacune de ces matières, leur origine, leur composition, leur extraction ou leur fabrication et leur utilisation sont rapidement passées en revue dans ces quelques pages ; elles suffisent à donner au gros public les premières notions indispensables sur ces diverses matières, dont la valeur relative comme intensité lumineuse produite et comme prix de revient d'éclairage est également indiquée. C'est un de ces livres comme il en faut.

E. Boistel.

BREVETS D'INVENTION

COMMUNIQUÉS

Par M. H. Josse, 17, boulevard de la Madeleine, Paris.

353 857. — **Meylan.** — *Fréquencemètre à lecture directe* (2 mai 1905).

353 886. — **Berger.** — *Procédé pour isoler les fils conducteurs électriques* (2 mai 1905).

353 890. — **Cooper Hewitt.** — *Perfectionnements dans les distributions électriques* (2 mai 1905).

353 896. — **Société génevoise pour la construction d'instruments de physique et de mécanique.** — *Compteur-moteur* (3 mai 1905).

353 905. — **Meirowski.** — *Isolateur* (3 mai 1905).

353 946. — **Grisson.** — *Coupe-circuit de sûreté pour éléments unipolaires* (22 avril 1905).

354 072. — **Lavaux et Grasset.** — *Appareil télégraphique imprimant* (19 avril 1905).

354 096. — **Magini.** — *Nouvelles dispositions concernant le cohéreur* (8 mai 1905).

354 117. — **Ducretet.** — *Déclenchement automatique pour télégraphes électriques* (9 mai 1905).

353 991. — **Société Thomson-Houston.** — *Moteur à courant alternatif simple* (5 mai 1905).

354 021. — **Heymann.** — *Électrodes pour piles primaires* (6 mai 1905).

354 057. — **Murrison.** — *Batterie secondaire* (21 février 1905).

354 098. — **Zani.** — *Moteur à courant alternatif* (8 mai 1905).

354 135. — **Girard.** — *Réducteur pour accumulateurs électriques* (9 mai 1905).

354 150. — **Vandervell.** — *Perfectionnements apportés aux dynamos* (10 mai 1905).

354 169. — **Schmidt.** — *Aimant de champ servant à annihiler l'action en retour de l'armature* (10 mai 1905).

354 001. — **Gest.** — *Dispositifs et moyens pour la pose de fils électriques dans les conduites* (5 mai 1905).

354 058. — **Société Couffinhal.** — *Relais* (20 février 1905).

354 082. — **Bouvier.** — *Interrupteur automatique* (5 mai 1905).

354 118. — **Donohue.** — *Pierre artificielle* (9 mai 1905).

354 165. — **Darras.** — *Perfectionnements aux relais électromagnétiques* (10 mai 1905).

354 170. — **Belliol.** — *Limiteur de tension* (10 mai 1905).

354 177. — **Meylan.** — *Perfectionnements aux wattmètres enregistreurs* (11 mai 1905).

354 014. — **Thomas.** — *Protecteur pour appareils électriques à vapeur* (5 mai 1905).

350 069. — **Naze.** — *Perfectionnements aux récipients étanches pour piles primaires et secondaires* (21 juillet 1904).

354 386. — **Schafer.** — *Récepteur d'ondes électriques agissant par variation de résistance* (17 mai 1905).

354 408. — **Zehnder.** — *Télégraphie sans fil avec courants telluriques* (18 mai 1905).

354 328. — **Grisson.** — *Système de couplage pour appareils électromagnétiques* (16 mai 1905).

354 371. — **Luckow.** — *Procédé pour la régénération des accumulateurs électriques* (9 mai 1905).

354 187. — **Letroteur.** — *Appareil de sécurité avec ancrages équilibrés pour la mise en court-circuit des conducteurs aériens lors de leur rupture avant que ceux-ci n'atteignent le sol, pour hautes et basses tensions* (10 février 1905).

354 294. — **Chapman.** — *Procédé pour enlever au papier, au fil et à d'autres matières l'électricité statique qu'ils contiennent* (15 mai 1905).

354 399. — **Société The Mordan Crucible Company Limited.** — *Fabrication de blocs de plombagine stratifiée* (17 mai 1905).

354 207. — **Fitzgerald et Bennie.** — *Four électrique à résistance* (11 mai 1905).

354 306. — **Société A. Thirion et fils.** — *Suppression de la rémanence dans les électro-aimants, et en particulier dans ceux employés comme embrayages électriques* (15 mai 1905).

354 449. — **Société Ateliers de construction Œrlikon.** — *Moteur-série à commutateur pour courant alternatif simple* (1er février 1905).

354 469. — **Arnold et La Cour.** — *Dispositif pour le démarrage et le réglage de moteurs monophasés compensés à collecteur* (18 mai 1905).

354 488. — **Koch** — *Balai de prise de courant* (20 mai 1905).

354 551. — **Buhot.** — *Pile au chlore liquéfié* (20 mai 1905).

354 586. — **Krieger.** — *Dispositif limitant automatiquement les variations d'intensité dans un moteur électrique à couple très variable* (24 mai 1905).

354 616. — **Gardiner.** — *Bacs de formation pour éléments d'accumulateurs électriques* (28 février 1905).

354 617. — **Gardiner.** — *Batteries secondaires et carcasses pour batteries secondaires* (28 février 1905).

355 478. — **Société Trub. Fierz et Cie.** — *Montage sur pointes des arbres d'instruments* (20 mai 1905).

354 511. — **Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.** — *Enroulement pour préserver les aimants des appareils de mesures d'électricité à courant continu contre les courts-circuits* (22 mai 1905).

354 546. — **Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.** — *Dispositif pour faire marquer aux compteurs d'électricité une dépense constante en plus ou moins de la dépense de l'installation* (25 mai 1905).

354 568. — **Neu.** — *Dispositif de sécurité perfectionné pour canalisation électrique à haute tension* (25 mai 1905).

350 100. — **Noël.** — *Générateur électrique à gaz* (4 août 1904).

354 786. — **Swift.** — *Télégraphe imprimant* (17 mars 1905).

354 782. — **Gardiner.** — *Perfectionnements aux éléments pour batteries secondaires* (28 février 1905).

354 834. — **Schmidt.** — *Système régulateur automatique pour un groupe de machines composé du moteur, de la dynamo principale et de la dynamo tampon* (31 mai 1905).

354 791. — **Tesla.** — *Perfectionnements apportés à la transmission de l'énergie électrique* (18 avril 1905).

354 809. — **Andrews.** — *Perfectionnements aux commutateurs électriques* (17 mai 1905).

354 772. — **Carpentier.** — *Phasemètre* (30 mai 1905).

354 855. — **Ropiquet.** — *Interrupteur électrique* (31 mai 1905).

354 866. — **Teuber.** — *Appareil électrique de chauffage et de cuisine composé de corps électriques incandescents en forme de spirales* (2 juin 1905).

354 946. — **Cadenbach.** — *Procédé de télégraphie et de téléphonie* (5 juin 1905).

354 951. — **Kitsee.** — *Perfectionnements aux appareils de télégraphie* (5 juin 1905).

354 880. — **Walker.** — *Perfectionnements dans les machines dynamo-électriques* (2 juin 1905).

354 888. — **Grisson.** — *Procédé de transformation du courant électrique en utilisant des éléments unipolaires* (3 juin 1905).

354 905. — **Meirowsky.** — *Lamelles isolantes pour collecteurs* (3 juin 1905).

354 977. — **Brown.** — *Perfectionnements aux dispositifs servant à fixer les extrémités des fils électriques ou autres* (6 juin 1905).

350 119. — **Gianoli.** — *Distributeur de courant primaire à réglage automatique* (17 août 1904).

350 130. — **Schneider et Cie.** — *Isolant pour transformateurs* (23 août 1904).

350 120. — **Naville et Guye.** — *Appareil autorégulateur pour soumettre les gaz à l'arc électrique* (17 août 1904).

355 061. — **Gail.** — *Perfectionnements aux transformateurs* (22 avril 1905).

355 260. — **Kitsee.** — *Perfectionnements à la télégraphie optique* (15 juin 1905).

355 168. — **Blameuser et autres.** — *Pile galvanique* (15 juin 1905).

355 204. — **Boutroy.** — *Plaque d'accumulateur* (14 juin 1905).

355 271. — **Lapeyrade.** — *Alternateur à deux induits* (17 juin 1905).

355 066. — **Mornet.** — *Disjoncteur-conjoncteur* (3 mai 1905).

355 068. — **Entz.** — *Régulation pour circuits* (8 mai 1905).

355 077. — **The Morgan Crucible Company Limited.** — *Balais* (17 mai 1905).

355 079. — **Grisson.** — *Circuit à court-circuit mécanique* (18 mai 1905).

355 206. — **Société internationale Nurnberg-Light.** — *Cylindre de condensation et de vaporisation* (14 juin 1905).

355 055. — **Jensen.** — *Allumage pour lampes* (15 avril 1905).

355 063. — **Konitzer.** — *Lampe à arc* (26 avril 1905).

355 124. — **Chauvet.** — *Support pour l'éclairage* (9 juin 1905).

355 274. — **Latour.** — *Réglage de l'excitation des alternateurs* (16 juin 1905).

355 330. — **Lamme.** — *Montage pour l'alimentation des moteurs* (17 juin 1905).

355 363. — **Middleton Jr.** — *Composé isolant* (19 juin 1905).

354 436. — **Societa Ceramica Richard-Ginori.** — *Isolateur* (21 juin 1905).

355 407. — **Vve Portillo.** — *Culot de lampes à incandescence* (20 juin 1905).

355 619. — **Giara.** — *Télégraphie multiple* (10 juin 1905).

355 478. — **Fuller.** — *Plaque négative pour accus* (25 juin 1905).

CHRONIQUE INDUSTRIELLE ET FINANCIÈRE

AFFAIRES NOUVELLES

L'Électro-Culinaire. (Appareils Dutertre). — Cette Société a été constituée le 19 août 1905.

Elle a pour objet : L'acquisition et l'exploitation du brevet français dont il est parlé plus loin et de tous autres brevets relatifs au même objet, qui pourraient être ultérieurement apportés à la Société ou acquis par elle; 2° l'exploitation industrielle desdits brevets en vue de la vulgarisation des *appareils Dutertre* pour l'électro-cuisine ainsi que pour la cuisine et le chauffage par incandescence, au moyen de foyers lumineux munis de réflecteurs spéciaux; 3° la fabrication, le commerce, l'exploitation des appareils appliquant lesdits procédés ou de tous autres analogues ou non, se rattachant directement ou indirectement à l'objet ci-dessus; 4° l'obtention, l'achat, l'exploitation et la vente de tous brevets, licences et procédés concernant ladite industrie ou s'y rattachant directement ou indirectement; 5° et généralement toutes opérations commerciales, industrielles, financières, mobilières et immobilières se rapportant à l'objet de la Société, tant en France qu'à l'étranger, ou de nature à favoriser le développement de ladite Société.

Le siège est établi à Paris, 47, boulevard Saint-Jacques. Il pourra être transféré ailleurs par simple décision du Conseil d'administration.

La durée de la Société est de trente années à partir du jour de sa constitution, sauf les cas de dissolution anticipée ou de prorogation.

M. Dutertre, fondateur, apporte à la Société : 1° Le droit exclusif à l'exploitation en France, dans les Colonies françaises et les pays de protectorat français, d'une invention ayant pour objet la cuisine électrique et le chauffage par l'emploi des appareils Dutertre; 2° La promesse de vente, par lui faite à la Société, du brevet français n° 317 221 et d'un certificat d'addition au brevet français demandé le 30 mai 1905; 3° Tous perfectionnements et additions qui pourraient être attribués par la suite à l'invention en France; les études, projets, l'organisation, méthodes et secrets de fabrication, mode d'appareils, marques, se rattachant à l'exploitation en France et dans ses colonies et pays de protectorat de l'électro-rôtissage, les bénéfices de tous marchés ou commandes à livrer à compter du jour de la constitution de la Société.

En représentation de cet apport, il est attribué à M. Dutertre 110 actions entièrement libérées, et 30 pour 100 de ce qui restera disponible sur les bénéfices nets de la Société jusqu'à son expiration et sa liquidation, alors même que la durée serait prorogée, après prélèvement de la réserve légale et d'un premier dividende de 5 pour 100 à servir aux actionnaires.

Pour représenter ce droit à une portion de bénéfices, il est créé 200 titres de parts de fondateur, donnant droit à chacun des deux-centièmes de ladite portion de bénéfices.

Le fonds social est fixé à 110 000 fr divisé en 220 actions de 500 fr chacune, dont 110 d'apport sont attribuées à M. Dutertre comme il est dit ci-dessus et les 110 autres souscrites en espèces.

Les actions souscrites en espèces ont droit par préférence aux actions d'apport au remboursement du capital et à un premier dividende de 5 pour 100.

Le fonds social peut être augmenté en une ou plusieurs fois par la création d'actions nouvelles ordinaires ou privilégiées et ce en représentation d'apports en nature ou en espèces, en vertu d'une délibération prise en Assemblée générale extraordinaire. Les propriétaires des actions antérieurement émises ont, dans la proportion des titres par eux possédés, un droit de préférence à la souscription des actions nouvelles qui seraient émises contre espèces. L'Assemblée générale fixera les conditions dans lesquelles la souscription devra avoir lieu.

La Société est administrée par un Conseil composé de 3 membres au moins et de 5 au plus. Les administrateurs doivent être propriétaires pendant toute la durée de leurs fonctions chacun de 5 actions au moins ordinaires ou privilégiées. La durée des fonctions des administrateurs est de six années. Le Conseil d'administration est investi des pouvoirs les plus étendus pour gérer et administrer tous les biens et affaires de la Société.

Il sera tenu chaque année une Assemblée générale ordinaire dans le courant du premier semestre, après convocation annoncée 15 jours d'avance. L'Assemblée générale est régulièrement constituée lorsque les membres présents représentent au moins le quart du fonds social pour une Assemblée générale ordinaire et la moitié dudit fonds pour une Assemblée générale extraordinaire.

Chaque membre de l'assemblée a autant de voix qu'il représente de fois deux actions, sans toutefois pouvoir réunir plus de 25 voix.

L'année sociale commence le 1er janvier et finit le 31 décembre; par exception, le premier exercice comprendra le temps écoulé entre la constitution définitive de la Société et le 31 décembre 1906.

Les produits nets de la Société, constatés par l'inventaire annuel, déduction faite des frais généraux et des charges sociales, constituent les bénéfices. Sur ces bénéfices nets, il est prélevé :

1° 5 pour 100 pour la réserve légale;

2° La somme nécessaire pour payer aux actions privilégiées à titre de premier dividende 5 pour 100 des sommes dont les actions sont libérées ;

3° La somme nécessaire pour amortir dans un délai maximum de 30 années l'intégralité du capital social, sans que ce prélèvement puisse être inférieur à 15 pour 100 des bénéfices nets annuels;

4° La somme nécessaire pour payer aux actions ordinaires à titre de premier dividende 5 pour 100 de leur montant.

Le solde est réparti comme suit : 10 pour 100 au Conseil d'administration ; 45 pour 100 aux actionnaires à titre de dividende supplémentaire sans distinction; 15 pour 100 au personnel de la Société, Directeur compris; 30 pour 100 aux parts de fondateur.

Toutefois, l'Assemblée générale pourra toujours prélever sur le solde une somme destinée à la création d'un fonds de prévoyance dont l'emploi sera réglé par le Conseil d'administratration.

En cas de dissolution, l'Assemblée désigne les liquidateurs et détermine leurs traitements et leurs émoluments, les liquidateurs étant investis des pouvoirs les plus étendus.

Avec les sommes provenant de la réalisation de l'actif, les liquidateurs acquitteront : 1° le passif envers les tiers; 2° les frais privilégiés et honoraires de liquidation. Ils rembourseront ensuite aux actionnaires dans l'ordre des privilèges le montant des actions non amorties.

Après ces remboursements le surplus sera réparti, s'il y a lieu, entre les parts de fondateurs et les actions, à raison de 40 pour 100 aux parts de fondateurs et 60 pour 100 aux actions.

Le Conseil d'administration est composé de MM. Georges Dutertre, Gaston Moine, Firmin Brousse, Henry Bourgaut, Jules Moine.

M. Désiré Gaulay a été choisi pour remplir les fonctions de Commissaire et M. Pignarre, désigné comme suppléant.

L'Éditeur-Gérant : A. Lahure.

53605. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



TABLE DES MATIÈRES

DU

TOME QUATORZIÈME

1905

Accumulateurs.

Appareillage.

Appareils de mesure.

Appareils divers.

Applications mécaniques de l'énergie électrique.

Arc électrique.

Automobiles

Bibliographie.

Brevets d'invention.

Chemins de fer électriques.

Voy. *Locomotion*.

Chronique de l'électricité

PARIS

DÉPARTEMENTS

Chronique industrielle et financière.

Condensateurs.

Conducteurs et câbles.

Correspondance.

Correspondance anglaise.

Cours. — Concours. — Conférences. Congrès. — Prix décernés.

Diélectriques.

Distribution.

Divers.

Documents officiels.

Dynamos.

Éclairage électrique.

Électrobiologie.

Électrochimie.

Électrolyse.

Électrothermie.

Expositions.

Gaz.

Isolants. — Isolateurs. — Isolement.

Jurisprudence.

Lampes à arc.

Lampes à incandescence.

Locomotion.

Électromobiles :

Chemins de fer électriques :

Magnétisme.

Méthodes de mesure.

Moteurs électriques.

Moteurs thermiques.

Nécrologie.

Parafoudres.

Photométrie.

Piles.

Questions théoriques.

Radioconducteurs. — Rayons X et rayons cathodiques.

Résistances.

Sociétés savantes françaises.

ACADÉMIE DES SCIENCES

56605. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

